NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. Gaston BONNIER

Professeur de Botanique à la Sorbonne.

CORBEIL

IMPRIMERIE ÉD. CRÉTÉ

—

1894

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

TITRES

Ancien élève de l'École Normale Supérieure, 1873-1876;
Licencié ès sciences mathématiques, 1875;
Licencié ès sciences physiques, 1875;
Licencié ès sciences naturelles, 1877;
Reçu le premier à l'Agrégation des sciences physiques et naturelles, 1876;
Docteur ès sciences naturelles, 1879.

M. Bonnier compte vingt années de service dans l'Enseignement supérieur:
Agrégé-préparateur d'Histoire naturelle à l'École Normale Supérieure, 1876.
Répétiteur à l'Institut national agronomique, 1877;
Chargé de Conférences à l'École Normale Supérieure, 1877;
Maître de Conférences de Botanique à la même École, 1879;
Directeur du Laboratoire de recherches des Hautes-Études, à l'École Normale, 1886;
Professeur titulaire à la Faculté des sciences de Paris, 1887;
Directeur du Laboratoire des Hautes-Études, à la Sorbonne, 1887;
Fondateur et directeur du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, 1890;

Envoyé en mission scientifique en Suède et en Norvège, par le Ministère de l'Instruction Publique (1878), puis en Autriche et en Hongrie, sur la désignation du Comité des Hautes-Études (1879).

Président de la Société Botanique de France, 1890;
Membre de la Société de Biologie, 1888.

Prix décernés à M. Bonnier par l'Académie des sciences :

Prix de physiologie expérimentale (1880), pour le Mémoire intitulé : *Les Nectaires, étude critique, anatomique et physiologique.*

Prix Desmazières (1883), en commun avec M. Mangin, pour le Mémoire intitulé : *Recherches physiologiques sur la respiration et la transpiration des Champignons.*

Prix de La Fons-Mélicocq (1887), en commun avec M. de Layens, pour la *Flore du Nord de la France et de la Belgique.*

Prix Montagne (1888), pour le Mémoire intitulé : *Recherches sur la synthèse des Lichens.*

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. Gaston BONNIER

INTRODUCTION

Les principaux travaux de M. Bonnier sont relatifs, les uns à l'étude des fonctions des végétaux, les autres à l'étude du rapport de ces fonctions avec la forme et la structure anatomique des organes.

C'est à la première catégorie que se rattachent les expériences de l'auteur sur les relations entre les insectes et les fleurs, la symbiose et le parasitisme, la transpiration, la respiration, l'assimilation, le dégagement de chaleur, l'influence de la pression.

C'est dans la seconde catégorie que sont comprises ses recherches sur les modifications apportées à la structure des plantes par le climat, ou par différentes causes isolées, telles que l'éclairement, l'état hygrométrique de l'air, la nature du sol, etc., ainsi que ses recherches sur le mode de répartition des espèces végétales dans diverses régions.

Ces travaux ont été exécutés d'abord à l'École Normale Supérieure, puis à la Sorbonne et au Laboratoire de Biologie végétale que M. Bonnier a établi, en 1890, à Fontainebleau.

Une des causes de variation des espèces à laquelle certains auteurs ont attaché une prépondérance marquée, c'est le rôle des insectes dans la fécondation des fleurs. M. Bonnier a établi des expériences sur les relations

entre les plantes qui produisent le liquide sucré appelé *nectar* et les abeilles qui le récoltent pour faire leur miel. Il a fait voir, par plusieurs méthodes, qu'on avait attaché une importance exagérée à l'adaptation réciproque des insectes et des fleurs, et qu'en tout cas les *nectaires* jouent un rôle spécial directement utile à la plante elle-même. La provision de sucre accumulée au voisinage de l'ovaire est utilisée après la fécondation et contribue à la transformation des ovules en graines.

D'autres modifications des plantes, dans leur mode de vie et dans leur répartition, peuvent être dues aux relations des végétaux entre eux, soit lorsque les plantes sont parasites les unes sur les autres, soit lorsqu'elles vivent en commun dans une sorte d'association connue sous le nom de *symbiose*. C'est à ce genre de questions que se rapportent les travaux de M. Bonnier sur les plantes vertes parasites et sur les Lichens. L'auteur apporte la preuve définitive de la constitution complexe de ces derniers végétaux, qui sont formés par l'association d'une Algue et d'un Champignon ; il a réussi à obtenir en cultures Pasteur la formation complète d'un Lichen avec ses fructifications, en semant les spores du Champignon sur l'Algue pure. Cette méthode lui a permis d'étudier un autre cas de symbiose qu'il a été le premier à signaler : l'association temporaire entre le Champignon du Lichen et les filaments que produit une spore de Mousse en germant.

Dans une série de recherches que l'auteur a faites en collaboration avec M. Van Tieghem, il est démontré que les phénomènes vitaux ne sont jamais entièrement suspendus, même pour les tubercules les plus desséchés ou pour les graines. Il n'y aurait donc pas de vie absolument *latente*, mais seulement une vie qui peut être ralentie dans des proportions considérables.

Lorsque la plante passe de l'état de vie ralentie à l'état de vie manifestée, cette transition se fait toujours avec un dégagement de chaleur. M. Bonnier a donné pour la première fois des nombres se rapportant aux quantités de chaleur dégagée par les végétaux.

A l'occasion de ce dernier travail, l'auteur avait été amené à mesurer les échanges gazeux qui se produisent entre les plantes et l'atmosphère extérieure. Dans d'autres recherches, faites en collaboration avec M. Mangin, cette question a été examinée en elle-même et avec plus de détails.

Les voyages scientifiques que M. Bonnier a faits en Suède et en Norvège, dans les Alpes du Tyrol et dans les Carpathes, lui ont fourni, d'autre part, de nombreuses observations, qu'il a mises à profit dans ses travaux ultérieurs.

Utilisant la plupart des résultats précédents, M. Bonnier a institué

des cultures comparées, afin de rechercher non seulement de quelle manière le milieu extérieur modifie les diverses fonctions des végétaux, mais aussi afin de voir comment ces fonctions modifiées peuvent réagir à leur tour sur la forme et sur la structure de l'organisme. C'est cette dernière étude qu'on a nommée *anatomie expérimentale*.

M. Bonnier a d'abord pris pour exemple le climat alpin et les diverses variations qu'il fait subir aux espèces végétales. C'est dans ce but qu'il a établi, depuis 1884, dans les Alpes et dans les Pyrénées, des cultures comparées à différentes altitudes. Une même plante vivace était fractionnée en plusieurs pieds identiques, et chacun de ces pieds était planté sur un terrain de composition semblable, à des altitudes diverses, comprises entre 50 mètres et 2400 mètres au-dessus du niveau de la mer. Dès l'année suivante, et plus encore au bout de quelques années, des différences se sont manifestées entre ces plants qu'on savait issus d'un même individu.

Le climat alpin modifie, dans ces cultures expérimentales, la couleur et l'épaisseur des feuilles, l'éclat des fleurs, le port de la plante ; par la mesure comparée des échanges gazeux, l'auteur a constaté que le climat exerce aussi une influence sur les fonctions, et de plus, l'anatomie révèle des adaptations corrélatives dans les tissus des plantes transportées à une grande altitude. Si les plantes sont reportées ensuite dans leur station primitive, des modifications se produisent en sens inverse, et les végétaux tendent à reprendre les caractères qu'ils présentaient au début.

Mais les résultats acquis en faisant ainsi varier simultanément plusieurs causes doivent être rendus plus clairs, on le comprend, lorsqu'on étudie les modifications obtenues en faisant agir séparément chacune d'elles.

La cause la plus importante des changements observés est sans contredit celle qui est due à un inégal éclairement à des altitudes différentes. Dans le but d'étudier l'effet dû à cette cause, M. Bonnier a établi des cultures faites avec les mêmes plantes que précédemment, à la même altitude et toutes les conditions restant les mêmes, sauf l'éclairement. En outre, afin de pouvoir agir avec une source constante de lumière, il a installé des expériences dans le pavillon d'électricité des Halles Centrales. Ces études ont même conduit l'auteur à faire agir sur un certain nombre de plantes, nuit et jour pendant plusieurs mois successifs, une lumière continue, comme celle que reçoivent naturellement les plantes qui se trouvent dans les régions polaires.

L'application de ces travaux a été faite par M. Bonnier à la comparaison des plantes arctiques du Spitzberg et de l'île Jau Mayen, avec les mêmes espèces croissant dans les régions les plus élevées de nos montagnes.

De l'ensemble de toutes ces études, on peut conclure que le milieu agit d'une manière directe sur les végétaux et sur la constitution interne de leurs tissus les plus essentiels; l'anatomie expérimentale devra servir à séparer les caractères que l'on appelle héréditaires de ceux qui sont soumis à l'influence immédiate des conditions extérieures.

Dans les Laboratoires de l'École Normale, de la Sorbonne et de Fontainebleau, sont venus des travailleurs français et étrangers qui ont publié de nombreux mémoires, dont plusieurs ont reçu des récompenses académiques : cinq prix et une mention de l'Académie des Sciences de Paris, un prix de l'Académie des Sciences de Copenhague.

PREMIÈRE PARTIE

PHYSIOLOGIE ET ANATOMIE EXPÉRIMENTALES

I. — Relations entre les fleurs et les insectes; nectaires.

Les Nectaires (partie physiologique) (Annales des Sciences naturelles; Botanique, 6e série, t. VII, p. 5, avec huit planches). — *Sur le rôle attribué à la disposition des organes floraux par rapport à la visite des insectes* (Bulletin de la Société Botanique de France, t. XXV, p. 68). — *Sur la physiologie des Nectaires* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXXVIII, p. 662). — *Sur le rôle attribué aux parties colorées des organes floraux* (Bull. Soc. Bot., t. XXV, p. 315). — *Sur l'attraction des abeilles par les couleurs* (Bull. Soc. Bot., t. XXVIII, p. 78).

Le premier de ces travaux a été couronné par l'Académie des Sciences, qui a décerné à l'auteur le Prix de Physiologie expérimentale, après lecture du rapport suivant de M. H. Milne-Edwards :

« On sait depuis longtemps que certaines parties de la fleur, appelées *mielliers* par Vaillant, puis désignées sous le nom de *nectaires* par Linné, laissent souvent échapper des gouttelettes d'un liquide sucré ou *nectar*, dont divers insectes, notamment les abeilles et les bourdons, sont très avides, et récemment les relations établies de la sorte entre ces animaux et les plantes ont été considérées par les naturalistes de l'école darwinienne comme exerçant une grande influence sur les transformations que celles-ci seraient susceptibles d'éprouver.

« L'étude des nectaires avait occupé beaucoup de botanistes; cependant leur histoire n'était que très imparfaitement connue, et il importait de soumettre à un contrôle sévère les observations qui ont servi de base aux hypothèses, parfois très séduisantes, dont nous venons de parler.

« M. Gaston Bonnier, Maître de conférences à l'École Normale Supérieure, a entrepris cette tâche. Il s'est proposé d'examiner plus attentivement que

ne l'avaient fait ses devanciers la structure intime des parties nectarifères des végétaux, ainsi que la nature, le mode de formation et les usages physiologiques des produits fournis par les nectaires; enfin il a voulu appliquer la méthode expérimentale à l'étude des relations généralement admises aujourd'hui comme existantes entre la conformation ou le mode de coloration des fleurs et leur fréquentation par les insectes.

« Votre Commission n'ayant à s'occuper que des travaux de Physiologie expérimentale soumis à son jugement, nous ne parlerons pas des recherches anatomiques de M. Bonnier, si ce n'est pour dire qu'elles ont été faites habilement et qu'elles ont jeté de nouvelles lumières sur le mode de constitution des nectaires et d'autres parties de l'organisme végétal dans lesquelles des matières sucrées peuvent être accumulées; mais nous croyons devoir rendre compte de la partie physiologique du Mémoire de ce jeune naturaliste, car elle nous a paru digne de l'une des hautes récompenses dont l'Académie dispose annuellement.

« Les principales expériences de M. Bonnier sont relatives, les unes à l'étude des nectaires considérés sous le rapport téléologique, les autres aux fonctions de ces parties dans l'économie de la plante qui en est pourvue.

« Vers la fin du siècle dernier, Conrad Sprengel regarda les nectaires comme étant des organes excréteurs servant à débarrasser les plantes de certaines matières inutiles ou même nuisibles, et destinés principalement à préparer pour le service des insectes les sucs mielleux dont ces animaux se nourrissent. Le rôle accompli par les insectes comme transporteurs du pollen des fleurs mâles aux fleurs femelles de certaines plantes dioïques avait conduit aussi quelques auteurs à penser que les abeilles et les bourdons, attirés dans l'intérieur des fleurs nectarifères par le sucre excrété de la sorte, pouvaient exercer sur la fécondation de celles-ci une influence analogue. Enfin, des expériences faites récemment par M. Darwin et par quelques autres naturalistes sur les effets des fécondations croisées comparés à ceux produits par la fécondation directe ou autofécondation des fleurs hermaprodites, ont servi de base à une autre série de vues théoriques relatives au perfectionnement de ces fleurs par voie d'adaptation. Dans cet ordre d'idées, la coloration vive des fleurs serait avantageuse aux plantes, parce qu'elle servirait à attirer les insectes avides de sucre et que les fécondations croisées opérées par ces visiteurs auraient pour résultat le développement progressif des propriétés particulières aux individus dont la propagation aurait été favorisée de la sorte.

« Depuis quelques années, on a beaucoup disserté sur des questions de ce genre. M. Bonnier a trouvé utile de les aborder d'une autre manière, de les traiter expérimentalement et d'examiner, par exemple, si en réalité la couleur des fleurs guide les insectes dans la recherche du nectar.

« Pour résoudre cette question, M. Bonnier a opéré sur des abeilles vivant à la campagne en pleine liberté et dans des conditions complètement normales; il a placé, à proximité de leurs ruches, une série de petites pièces de la même étoffe, de même grandeur et également enduites d'une même matière sucrée, mais de couleurs différentes, et, au moyen de pesées précises, il a constaté qu'il n'y avait aucune relation entre ces différences de coloration et les quantités de sucre enlevées. L'hypothèse de l'adaptation chromatique des fleurs en rapport avec l'emploi que les insectes font de leurs sucs et avec les effets produits par les fécondations croisées ne paraît donc avoir aucune base et rentre dans la catégorie des simples vues de l'esprit, dont, en général, la Science ne tire que peu de profit.

« D'autres expériences ont permis à M. Bonnier de constater que le mode de conformation des fleurs est également sans influence sur l'attrait de celles-ci pour les insectes. Enfin, il est maintenant bien démontré que ces animaux profitent du sucre excrété par un nectaire comme l'homme profite du sucre accumulé dans la racine d'une betterave, sans que dans l'un ou l'autre de ces appareils physiologiques le travail accompli par le végétal soit déterminé par l'emploi que les êtres animés peuvent faire de leurs produits.

« La seconde partie des recherches expérimentales de M. Bonnier a pour objet l'étude du mode de production du nectar des fleurs et des usages de cette matière dans l'économie du végétal. Là, l'auteur a dû appeler à son aide la Chimie, comme notre illustre et regretté confrère Claude Bernard l'avait fait en étudiant la glycogenèse chez les animaux; il a dû également distinguer entre eux les saccharoses et les glucoses, examiner le rôle de l'une et l'autre de ces espèces de sucres dans la nutrition de la plante, et rechercher la cause de la transformation des premiers en un aliment assimilable par l'organisme du végétal.

« Les limites que les usages de l'Académie assignent à nos rapports ne nous permettent pas de rendre compte des diverses expériences à l'aide desquelles M. Bonnier a résolu ces problèmes; nous nous bornerons à indiquer très brièvement quelques-uns des résultats obtenus par ce jeune botaniste.

« Les nectaires, de même que beaucoup d'autres parties des plantes, ne sont pas des organes spéciaux, mais seulement des magasins dans lesquels du saccharose s'accumule et constitue une réserve alimentaire, destinée à servir ultérieurement à la nutrition d'organes voisins; mais, pour être utilisé de la sorte, il faut que cette espèce de sucre soit transformé en glucose, et dans l'organisme végétal cette transformation est effectuée par un ferment soluble, que M. Bonnier est parvenu à isoler. Cet agent n'est autre que la substance désignée par notre savant confrère, M. Berthelot, sous le nom

de *ferment inversif;* il se développe dans le voisinage de l'ovaire, principalement au moment de la formation du fruit, et le glucose produit dans le nectaire par son influence est résorbé en majeure partie pour servir à la nutrition de ce même fruit. Mais il peut arriver aussi qu'une portion du suc accumulé de la sorte dans le nectaire transsude au dehors, et là, suivant l'état de l'atmosphère, reste pendant un certain temps sous la forme d'une gouttelette ou s'évapore promptement, en abandonnant à la surface extérieure du magasin nectarifère la matière sucrée qui s'y trouvait en dissolution. M. Bonnier a étudié avec beaucoup de précision l'influence de la température, de l'état hygrométrique de l'atmosphère, de la pression barométrique et des climats, sur la marche de ces phénomènes. Pour effectuer cette longue série d'investigations dans des conditions favorables, M. Bonnier ne s'est pas contenté d'observations faites dans un laboratoire ordinaire; il a examiné comparativement la production du nectar par les mêmes plantes vivantes, dans les plaines basses des environs de Paris, dans les montagnes plus ou moins hautes du Dauphiné et de la Suisse, ou bien encore sous le rude climat de la Norvège, où il est allé passer plusieurs mois, dans l'unique but d'y poursuivre ses travaux relatifs à la physiologie végétale et à la distribution géographique des plantes.

« Il a obtenu, de la sorte, des résultats très nets et très concordants. Enfin, ses observations et ses expériences nous donnent une explication non moins simple que satisfaisante d'un grand nombre de faits qui étaient jusqu'alors difficiles à interpréter.

« Pour ne pas abuser des moments de l'Académie, nous n'entrerons pas dans plus de détails à ce sujet, car ce que nous venons de dire du Mémoire de M. Bonnier suffira, croyons-nous, pour motiver l'opinion favorable que que votre Commission en a conçue.

« Plusieurs autres travaux ont été soumis à notre jugement ; mais la plupart n'avaient pas autant d'importance que celui dont nous venons de rendre compte, et certains d'entre eux, étant encore inachevés ou nécessitant un plus long examen, nous ont paru devoir être réservés pour le prochain Concours. Nous avons pensé aussi qu'il était bon d'encourager, parmi les botanistes, l'emploi des méthodes expérimentales rigoureuses dans l'étude de questions pour la solution desquelles les naturalistes sont aujourd'hui trop enclins à se contenter de données vagues et d'hypothèses hasardées.

« A l'unanimité, votre Commission vous propose donc de décerner le prix de Physiologie expérimentale à M. Gaston Bonnier.

« L'Académie adopte les conclusions de ce rapport. »

La plupart des résultats obtenus dans les études dont on vient de lire le compte rendu, ont été vérifiés depuis, par un certain nombre d'expéri-

mentateurs et d'analystes tels que M. Gardiner, en Angleterre, M. de Planta et M. Bertrand (de Nyon), en Suisse, M. Charles Dadant, aux États-Unis.

Recherches sur les sucres des végétaux (Bull. Soc. Bot., t. XXVI, p. 208).

L'auteur expose dans ce travail les différents procédés qu'il a employés pour analyser les sucres contenus dans les tissus des végétaux. Des résultats suffisamment concordants ont été obtenus par la méthode chimique et par la méthode optique.

Le plus souvent, le saccharose trouvé chez les végétaux, dans la racine, dans les rhizomes, dans les tiges ligneuses, dans les feuillés ou dans les nectaires, est du sucre de Canne, rarement du mélézitose (*Larix*). Le mannitose a été trouvé dans la miellée des *Sambucus* et des *Quercus*.

Le glucose le plus répandu est le sucre de raisin, presque toujours accompagné d'une proportion moindre de lévulose. Un autre glucose, la sorbine, a été trouvé chez les *Sorbus*, *Amygdalus*, *Cydonia*, etc.

La mannite a été rencontrée en abondance dans les feuilles de plusieurs espèces d'*Acer*.

Dans la dernière partie de cette Note, l'auteur décrit par quels procédés il a isolé diverses espèces de sucres pour les obtenir à l'état pur.

Influence du terrain sur la production du nectar des plantes (Association française pour l'Avancement des sciences, 22e congrès, Besançon, 2e partie, p. 567).

Parmi les circonstances qui peuvent influer sur la production du liquide sucré des fleurs, il en est une qui a été laissée de côté dans les études précédentes, c'est l'influence de la nature du sol, au sujet de laquelle il n'avait été fait de recherches précises par aucun auteur.

Pour opérer de manière à ce que toutes les conditions soient égales, sauf la nature du sol, on a disposé à côté les uns des autres, mais séparés par un intervalle garni de tuiles disposées verticalement, des carrés de diverses compositions, ayant environ 80 centimètres de profondeur, et contenant du calcaire pur, de l'argile pure, du sable pur, ou divers mélanges de ces trois sols.

Ces carrés de terrains différents, exposés de la même manière et recevant une quantité égale de lumière, d'eau et de chaleur ont été établis dans

un espace découvert, au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

Une même espèce étant semée à la fois sur les différents sols, trois procédés différents pour comparer la richesse nectarifère de cette même espèce sur les divers terrains, ont donné des résultats concordants. Chaque espèce préfère un sol de nature déterminée, sur lequel elle produit, toute autre condition égale d'ailleurs, une quantité de liquide sucré plus grande que sur les autres sols.

Ces variations expliquent en partie les divergences d'opinion des apiculteurs sur la valeur mellifère de telle ou telle espèce. C'est ainsi que la Luzerne, la Phacélie et même les Bruyères peuvent être très mellifères ou ne pas l'être du tout, suivant la nature du terrain dans lequel elles croissent.

II. — Parasitisme; Symbiose.

Recherches sur la synthèse des Lichens (Ann. Sc. nat., 7e série, t. IX. p. 1 avec cinq planches). — *Recherches sur le développement du* Physcia parietina (C. R., t. CVII, p. 142). — *Recherches expérimentales sur la synthèse des Lichens dans un milieu privé de germes* (C. R., t. CIII, p. 942). — *Culture des Lichens à l'air libre et dans l'air privé de germes* (Bull. Soc. Bot. t. XXXIII, p. 546).

Les Lichens ont été considérés par plusieurs auteurs comme formés par l'association de deux êtres différents : une Algue et un Champignon. La partie du Lichen qui contient de la chlorophylle (*gonidies*) serait formée par l'Algue ; la partie qui n'en contient pas (*hyphes*) serait formée par le Champignon. Cette manière de voir a été confirmée par la méthode analytique et l'on a réussi à séparer les deux êtres associés, isolant les gonidies qui peuvent continuer à se développer indépendamment du Lichen, en prenant l'aspect d'Algues connues.

La synthèse des Lichens dans un milieu privé de germes, réalisée par l'auteur, n'avait jamais été obtenue et certains botanistes s'autorisaient de cet insuccès dans les cultures pour révoquer en doute la nature complexe de ces végétaux inférieurs, qu'ils persistaient à considérer comme autonomes.

L'ensemble de ces recherches est résumé dans le rapport suivant de M. Bornet, lu à l'occasion du prix Montagne décerné à l'auteur par l'Académie des Sciences.

« La section de Botanique décerne le prix Montagne à M. Gaston Bonnier, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, pour son *Mémoire sur la synthèse des Lichens*, dont les principaux résultats ont été présentés à l'Académie, en novembre 1886, et qui paraît clore définitivement la question de l'hétérogénie des Lichens.

« Depuis que M. Schwendener enseigna, il y a une vingtaine d'années, que les Lichens sont composés d'un Champignon et d'une Algue, cette question a été étudiée à des points de vue très divers, qui tous ont conduit à mettre hors de doute la réalité de cette double nature. Il fut d'abord établi, par de nombreux exemples, que toutes les gonidies connues rentrent dans un genre d'Algue.

« Si l'on extrait ces gonidies de la fronde du Lichen, ainsi que l'ont pra-

tiqué MM. Famintzine, Baranetzky, Woronine, etc., elles végètent et se reproduisent indéfiniment à la manière des Algues pures. Les examine-t-on dans le thalle même, on constate que le tissu fongique et les gonidies se multiplient chacun suivant sa propre loi, sans qu'on voie jamais un des deux éléments donner naissance à l'autre, et l'on reconnaît que les rapports anatomiques qui existent entre eux sont de simples relations de contact.



Fig. 1. — *Synthèse des Lichens.*

A, cultures Pasteur *c* disposées pour obtenir un Lichen en semant les spores du Champignon sur une culture d'Algue pure. — B, exemple de Lichen complètement développé et fructifié obtenu par synthèse. — C, début de l'association du Champignon et de l'Algue qui constituent le Lichen; *s*, spores du Champignon; *p*, cellule de l'Algue; *r*, filaments renflés; *c*, filaments crampons; *f*, filaments chercheurs.

D'autre part, quand on sème isolément des spores de Lichen, elles germent aisément, se développent pendant quelque temps, puis périssent sans produire ni gonidies, ni thalle; à moins que, à l'exemple de M. Möller, on ne les place dans un milieu nutritif qui leur fournisse des aliments équivalents à ceux qu'elles reçoivent normalement des gonidies. Dans ce cas, un thalle parfait peut se former sans Algue. Afin de compléter cet ensemble de preuves, divers observateurs (MM. Rees, Bornet, Treub, etc.) ont essayé de produire des Lichens par synthèse. Les premiers essais

ne réussirent qu'en partie ; ceux de M. Stahl donnèrent seuls un résultat complet. En effet, pour deux espèces sur trois qu'il mit en expérience, il obtint, au bout de quelques mois, des Lichens adultes et fructifiés.

« Cette démonstration, si décisive qu'elle soit, ne s'appliquant qu'à des plantes d'une même tribu et d'uue organisation particulière, devait gagner encore à être étendue à un plus grand nombre de Lichens, à des espèces appartenant à des groupes plus relevés et plus variés. Il importait en outre de prendre les précautions nécessaires pour rendre impossibles les chances d'ensemencement par l'air extérieur pendant la durée de la culture, d'opérer enfin la synthèse artificielle dans des conditions telles que la critique la plus exigeante ne pût avoir prise sur elle. M. Bonnier s'est efforcé de réaliser cette synthèse rigoureuse, et, après plusieurs années de recherches et de tâtonnements, il a réussi à obtenir des Lichens parfaits, dans un milieu privé de germes, à l'aide de spores pures et d'Algues ne provenant pas immédiatement d'une association lichénique.

« A cet effet, l'auteur a employé soit des flacons Pasteur, soit des flacons stérilisés où l'air, passant à travers du coton roussi, était constamment renouvelé. L'Algue et les spores étaient déposées sur le substratum, fragment de roche ou d'écorce, préféré par le Lichen à l'état naturel (A, fig. 1). S'il s'agissait d'étudier les développements du thalle, les semis étaient faits dans des cellules à culture closes et stérilisées, à l'intérieur desquelles pouvait circuler un courant d'air privé de germes. Les expériences ont été installées, les unes à Paris, les autres dans les Pyrénées où les résultats ont été meilleurs et plus rapides.

« Grâce à ces dispositions, l'auteur a élevé plusieurs espèces de Lichens depuis la spore jusqu'à la fructification (exemple : B, fig. 1) ; il a pu suivre sur une même plante les états successifs de la formation du thalle ; il a étudié la manière dont se comportent les hyphes lorsqu'on remplace dans le semis les Algues qui fournissent les gonidies normales par des plantes appartenant à d'autres familles. C'est ainsi qu'en semant des spores de Lichens sur des protonémas de Mousses, il a vu les filaments germinatifs du Lichen entourer la Mousse d'un réseau tout semblable à celui que les *Cœnogonium* forment à la surface des *Trentepohlia*. Toutefois, cette association n'a pas d'avenir ; elle permet seulement aux filaments du Lichen de vivre et se mieux développer que s'ils rampaient à la surface d'un corps inerte, et d'attendre ainsi que des Algues favorables arrivent à leur contact.

« La méthode de culture inaugurée par M. Bonnier n'est pas seulement précieuse par les faits dès maintenant établis ; elle l'est encore parce qu'elle donne l'espoir de résoudre des problèmes intéressants, celui, par exemple, de la fixité de l'espèce d'Algue qui entre dans la composition d'un Lichen

déterminé, celui encore de la production des conidies, si fréquentes chez les Champignons, si peu connues encore chez les Lichens. »

Germination des Lichens sur les protonémas des Mousses (Revue générale de Botanique, t. I., p. 165, avec une planche). — *Germination des spores de Lichens sur les protonémas de Mousses et sur des Algues différant des gonidies des Lichens* (Comptes rendus de la Société de biologie, 8e série, t. V., p. 541).

C'est d'une catégorie de symbioses qui n'avaient jamais été décrites qu'il est question dans ces travaux.

L'auteur a commencé par étudier à l'état naturel les filaments rameux

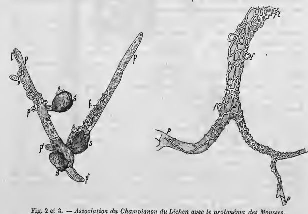


Fig. 2 et 3. — *Association du Champignon du Lichen avec le protonéma des Mousses.*

Fig. 2. — Début d'une culture où l'on a semé à la fois des spores d'une Mousse S et des spores du Champignon du Lichen *s* : *p*, *p'*, début du développement du protonéma de la Mousse; *f*, filament du Lichen.

Fig. 3. — Fragment de protonéma *p*, *p'* recouvert par les filaments du Champignon du Lichen, d'abord lâches *f*, *f*, puis en réseau serré *ft*.

sur lesquels se développent les tiges feuillées des Mousses; ces filaments sont connus sous le nom de *protonéma* représentant le premier stade de l'évolution de ces végétaux. Beaucoup de ces protonémas étaient envahis

par des ramifications de Lichens qui les revêtaient souvent d'une manière très régulière. En beaucoup de circonstances, les spores de Lichens, germant sans avoir d'Algues à leur portée, peuvent attendre longtemps la présence de ce complément indispensable de leur organisation en s'associant aux protonémas des Mousses. Dans une certaine mesure, ces derniers organismes peuvent remplacer l'Algue qui fait défaut.

A la suite de ces observations nouvelles, l'auteur a essayé de réaliser par des cultures l'association d'un Champignon issu d'une spore de Lichen avec un protonéma issu d'une spore de Mousse (fig. 2 et 3). On a pu obtenir ainsi sur des fragments de roche, et même sur des lamelles de verre, des plaques constituées par ce singulier consortium.

Mais, ni dans les cultures, ni dans la nature, il ne se produit de fructification du Lichen dans cette association. Il arrive parfois que le protonéma de la Mousse cherche à se défendre contre l'envahissement lichénique en produisant çà et là des renflements à parois plus épaisses, qui peuvent s'isoler et aller germer au loin pour produire un nouveau protonéma délivré du Champignon qui l'entourait de son réseau de filaments.

Recherches physiologiques sur les plantes vertes parasites (Bulletin scientifique de la France et de la Belgique, t. XXV, p. 77). — *L'assimilation du Gui comparée à celle du Pommier* (Bull. Soc. Bot., t. XXXVI, p. CCLXXIII). — *Sur l'assimilation des plantes parasites à chlorophylle* (C. R., t. CXIII, p. 1074). — *Note sur quelques plantes à chlorophylle qui ne dégagent pas d'oxygène à la lumière* (Soc. de Biol., 9e série, t. I, p. 651).

Un certain nombre de plantes sont fixées sur d'autres végétaux par des suçoirs et renferment cependant de la chlorophylle dans leurs feuilles. Ces plantes sont donc intermédiaires entre les parasites complets se nourrissant exclusivement aux dépens de l'hôte sur lequel ils sont établis, et les végétaux ordinaires, dont la nutrition est indépendante.

C'est par des cultures ou par des recherches morphologiques que Mitten et Decaisne ont découvert le parasitisme de certains végétaux verts. L'auteur s'est proposé d'en étudier la fonction assimilatrice, et il a fait voir dans ce travail que la physiologie expérimentale seule peut permettre de démontrer le parasitisme de ces plantes. Il met en évidence qu'on peut observer tous les degrés entre une assimilation indépendante et une nutrition qui dépend complètement du végétal sur lequel est fixé le parasite.

C'est ainsi que les *Euphrasia*, les *Bartsia* empruntent la majeure partie de leur nourriture à l'hôte, tandis que les *Melampyrum* assimilent beaucoup

pour leur propre compte. Il y a plus, on peut conclure de ces expériences que le Gui assimile pour le Pommier comme le Pommier assimile pour le Gui, et que l'association de ces végétaux constitue un cas de *symbiose*.

On comprend quelle peut être l'application de ces études pour l'agriculture, car connaître le degré plus ou moins complet du parasitisme de ces végétaux nuisibles aux cultures, c'est connaître par là même l'action plus ou moins funeste de chaque espèce.

L'auteur a comparé les résultats donnés par les dégagements d'oxygène, chez ces diverses plantes et chez les plantes similaires non parasites, et y a joint l'étude anatomique des tissus de la feuille. On remarque alors qu'il ne faudrait pas toujours conclure de la structure anatomique des tissus à leurs fonctions physiologiques, car, dans le cas actuel, des tissus assimilateurs, qui semblent mieux disposés pour la fonction chlorophyllienne que les tissus analogues des espèces voisines, correspondent parfois à une assimilation spécifique qui est moindre. La nature du pigment chlorophyllien est donc certainement aussi à considérer.

III. Anatomie expérimentale.

Cultures expérimentales dans les hautes altitudes (C. R., t. CX, p. 363). — *Cultures expérimentales dans les Alpes et les Pyrénées* (Rev. gén., t. II, p. 513, avec figures et quatre planches). — *Variations de la structure chez les mêmes espèces* (Association française pour l'Avancement des sciences, 20e session, Marseille, 2e partie, p. 521). — *Note sur des cultures comparées des mêmes espèces à diverses altitudes* (Bull. Soc. Bot., t. XXXIV, p. 467).

Les plantes de la région alpine n'ont, pour se développer, fleurir et fructifier, qu'une saison très courte pendant l'absence des neiges. Cependant ces plantes, qui sont toutes vivaces, mettent en réserve dans leurs parties souterraines une provision de nourriture relativement plus abondante que les plantes de plaine qui leur sont comparables. Par quelles modifications, par quelles adaptations spéciales une plante de la région alpine parvient-elle, après une évolution rapide, à accumuler des réserves en si peu de temps?

En essayant de comparer entre eux les échantillons de la même espèce recueillis dans leur station naturelle, l'auteur n'a pas tardé à s'apercevoir que cette question complexe ne pouvait être abordée d'une manière profitable sans une étude expérimentale : il était nécessaire que des *plantes issues du même pied initial* fussent placées *en même temps* dans les deux climats différents.

C'est dans ce but qu'il a été établi des cultures à diverses hauteurs dans les Alpes et dans les Pyrénées. Les stations les plus élevées sont, dans les Alpes, sur la chaîne du mont Blanc, à l'Aiguille de la Tour (2300 mètres d'altitude), et, dans les Pyrénées, sur la chaîne du pic d'Arbizon, au col de la Paloume (2400 mètres). Les autres stations de culture sont aux altitudes de 1060 mètres, 740 mètres, 200 mètres et 50 mètres. Dans plusieurs de ces stations inférieures, pour éliminer l'influence due à la nature du sol, on a transporté de la terre provenant de la station supérieure, de telle sorte que les plantes à comparer se trouvent sur un sol de même nature. Ces cultures ont été établies avec cent soixante-cinq espèces différentes. Dans les stations supérieures, on observe, dès la première année, et plus encore dans les suivantes, un changement qu'il était facile de prévoir. Les végétaux sont de taille plus petite et leurs rameaux sont beaucoup plus rapprochés du sol; l'influence directe et immédiate du climat est ici manifeste. D'au-

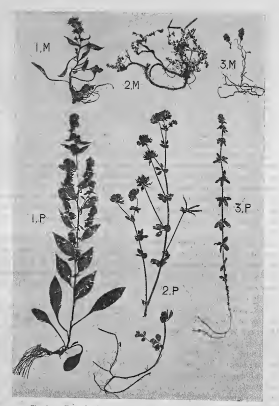


Fig. 4. — *Exemples de cultures comparées en plaine et en montagne.*
M, Plant de montagne (alt. : 2400 m.), P, moitié du même plant en plaine (alt : 50 m.).
1. *Solidago Virga-aurea*; 2, *Lotus corniculatus*; 3, *Galium Cruciata*.
(Reproduction directe par la photographie).

tres modifications paraissent dues à l'influence de la lumière; c'est ainsi

que des mesures faites au chromomètre indiquent que l'échantillon d'en haut a acquis des fleurs plus colorées et des feuilles d'un vert plus foncé. En outre, les feuilles des plantes de la station supérieure sont plus épaisses que celles des feuilles comparables de la station inférieure; les tiges souterraines sont beaucoup plus développées par rapport aux parties aériennes (fig. 4).

Une première série de modifications dans la structure paraît due surtout aux brusques alternances de température qui se produisent en été dans la

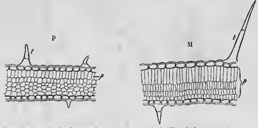


Fig. 5 et 6. — *Exemple du changement de structure des feuilles de la même plante* (Teucrium Scorodonia) *en plaine* P *et en montagne* M.

Fig 5. — Fragment du limbe de la feuille, coupé en travers, du plant cultivé en plaine (alt. : 50 m.) montrant le tissu en palissade *p* à une seule rangée de cellules, et la feuille peu épaisse.

Fig. 6. — Fragment de la feuille comparable du plant provenant du même individu, mais cultivé en montagne (alt. : 1850 m.) montrant toutes les cellules devenues palissadiques, et la feuille plus épaisse.

région alpine. Tous les tissus protecteurs (liège, écorce, épiderme, hypoderme) sont relativement plus développés ou à parois plus épaisses. Mais la différence de structure la plus importante réside dans le limbe des feuilles, dont l'épaississement plus grand est surtout formé, en général, par l'extension du tissu en palissade très riche en chlorophylle. Chez plusieurs espèces, on observe même deux ou trois rangées de cellules en palissade dans les feuilles des plants alpins, tandis que celles des plants de plaine n'en présentent qu'une seule rangée ou même n'en présentent pas (fig. 5, 6, et 7, 8).

Il résulte de là qu'une lumière de même intensité, tombant sur la même surface de feuille, traversera une quantité de chlorophylle beaucoup plus grande dans une feuille de plante alpine que dans la feuille comparable de plante de plaine. Par suite, pour une même lumière, l'assimilation chlorophyllienne devra être plus forte dans le premier cas que dans le second.

Or, comme la lumière est plus intense dans la région alpine que dans les

plaines, l'assimilation par les feuilles y sera *a fortiori* plus considérable. C'est ce qui a été vérifié par des expériences physiologiques directes (p. 28).

Les résultats précédents font voir que la formation de réserves relativement abondantes dans les parties souterraines des plantes alpines peut s'expliquer, non seulement par la différence d'intensité lumineuse, mais aussi par l'adaptation spéciale des feuilles à une nutrition beaucoup plus

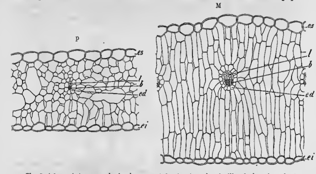


Fig. 7 et 8. — *Autre exemple du changement de structure des feuilles de la même plante* (Lotus corniculatus) *en plaine* P *et en montagne* M.

Fig. 7. — Fragment du limbe de la feuille coupé en travers du plant cultivé en plaine (alt. : 50 m.) montrant les cellules peu allongées perpendiculairement au limbe, et la feuille peu épaisse.

Fig. 8. — Fragment de la feuille comparable du plant provenant du même individu, mais cultivé en montagne (alt. : 2700 m.) montrant les cellules très allongées perpendiculairement au limbe, et la feuille très épaisse.

active. Telle est la réponse à la question que je m'étais posée au début de ces études.

On peut résumer ainsi qu'il suit les principales modifications observées, qui toutes sont dues directement au climat, de telle sorte que les conditions physiques du milieu déterminent elles-mêmes ces adaptations :

Toutes conditions égales d'ailleurs, sauf le climat, chez les plantes cultivées dans la région alpine, on observe que :

Les tiges souterraines et les racines sont relativement beaucoup plus grandes ;

Les tiges aériennes sont étalées, plus courtes et plus rapprochées du sol.

Les fleurs sont plus colorées, les feuilles sont plus épaisses et d'un vert plus foncé ;

Les tissus protecteurs sont plus développés ;

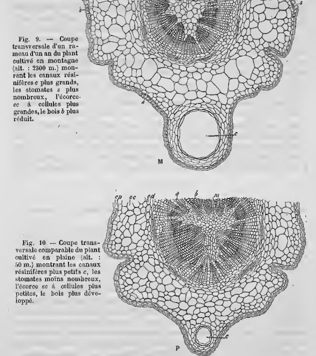


Fig. 9. — Coupe transversale d'un rameau d'un an du plant cultivé en montagne (alt. : 2300 m.) montrant les canaux résinifères *c* plus grands, les stomates *s* plus nombreux, l'écorce *ec* à cellules plus grandes, le bois *b* plus réduit.

Fig. 10. — Coupe transversale comparable du plant cultivé en plaine (alt. : 50 m.) montrant les canaux résinifères plus petits *c*, les stomates moins nombreux, l'écorce *ec* à cellules plus petites, le bois plus développé.

Fig. 9 et 10. — *Exemple de changement de structure des tiges de la même plante* (Juniperus communis) *en plaine* P *et en montagne* M.

Lorsqu'il y a des canaux sécréteurs, ils sont plus gros dans l'échantillon de montagne (*c*,*c*, fig. 9 et 10).

Le tissu en palissade des feuilles est plus différencié et la chlorophylle plus abondante.

Cette dernière conclusion montre qu'il s'établit ainsi une sorte de compensation entre le faible développement des parties aériennes des plantes alpines et leur nutrition plus intense.

Par des observations faites sans cultures comparées, M. Leist (1) s'est trouvé en désaccord sur quelques points avec les résultats dont on vient de parler. M. Wagner, ayant repris la question, a montré comment et pourquoi M. Leist s'était trompé, et a vérifié les résultats énoncés par M. Bonnier. M. Wagner termine son mémoire par la phrase suivante :

« Les observations que je viens de rapporter établissent complètement « les propositions avancées par Bonnier au sujet de la structure en palis- « sade des plantes alpines, et montrent, par contre, que les hypothèses « contraires de Leist ne sont susceptibles d'aucune généralisation, et que « sa tentative pour établir que la structure du mésophylle foliaire n'est « causée que par la transpiration, ne peut donner lieu à aucune vérification « tirée de relations réelles entre la structure du tissu et sa fonction (2). »

Influence des hautes altitudes sur les fonctions des végétaux (C. R., t. CXI, p. 377).

On a vu, par les recherches précédentes, que les feuilles sont profondément modifiées dans leur structure par le climat alpin. Ce nouveau travail a pour but de constater expérimentalement de quelle manière cette modification de structure correspond à un changement d'intensité dans les fonctions.

Le problème offrait un certain nombre de difficultés. Pour faire les comparaisons, il fallait opérer exactement dans les mêmes conditions avec deux échantillons vivants de la même plante, provenant originairement du même individu et placées dans des atmosphères de même composition. On a pu étudier de la sorte, comparativement, les principaux échanges gazeux qui se produisent entre la plante et l'extérieur : l'assimilation chlorophyllienne, la respiration, la transpiration chlorophyllienne et la transpiration à l'obscurité.

(1) *Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern* aus dem Jahre 1889.

(2) *Zur Kenntniss des Blattbaues der Alpenpflanzen und dessen biologischer Bedeutung* (Sitzungsberichten der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem-naturw. Classe; Band CI, Abth. I, mai 1892).

Le sens dans lequel ces diverses fonctions physiologiques varient avec l'altitude était loin d'être évident *a priori*, car on a vu dans un autre Mémoire (p. 22), que la structure du parenchyme foliaire et l'abondance apparente de la chlorophylle ne sont pas toujours en rapport avec le dégagement d'oxygène observé.

La conclusion de ces recherches comparées est la suivante :

Chez les mêmes plantes, placées dans les mêmes conditions extérieures, l'échantillon cultivé dans le climat alpin a modifié ses fonctions de telle sorte que l'assimilation et la transpiration chlorophylliennes sont augmentées, tandis que la respiration et la transpiration à l'obscurité semblent peu modifiées.

On peut en déduire que, pendant la courte saison des hautes altitudes, les plantes élaborent avec plus d'intensité les principes nutritifs qui leur sont nécessaires.

Ces résultats pourraient servir à expliquer la plus grande quantité relative de sucres, d'amidon, d'huiles essentielles, de pigments colorés, d'alcaloïdes, etc., que l'on constate chez les plantes de plaines croissant dans le climat alpin, car ces produits sont tous en rapport avec l'assimilation chlorophyllienne.

Influence de la lumière électrique continue et discontinue sur la structure des arbres (C. R., t. CXV, p. 447). — *Influence de la lumière électrique sur la structure des plantes herbacées* (C. R., t. CXV, p, 475). — *Note sur les cultures à la lumière électrique continue* (Soc. de Biol., 9e série, t. V, p. 344).

La cause principale des variations de structure décrites dans les travaux qui précèdent est l'inégalité de l'éclairement reçu par les feuilles. On s'est proposé, dans cette nouvelle série de recherches, d'étudier cette cause isolément, en soumettant des plantes à une lumière d'intensité constante pendant des temps différents, toutes les autres conditions restant les mêmes.

Les expériences ont été faites dans le pavillon d'électricité des Halles centrales, à Paris. Les plantes se trouvaient à une température et dans un état hygrométrique sensiblement constants ; la lumière était produite par des lampes à arc, sous globe ; celles-ci étaient séparées des plantes par une épaisseur de verre plus ou moins grande afin d'éliminer une partie des rayons ultra-violets.

Une première catégorie de recherches a été faite en faisant varier, pour une même espèce, l'intensité de la lumière reçue et l'on a constaté que les

changements de structure étaient sensiblement les mêmes à la lumière électrique qu'à la lumière solaire, à savoir : épaisseur plus grande de la feuille, parenchyme en palissade plus développé, chlorophylle plus abondante, éléments de soutien mieux différenciés, canaux sécréteurs plus gros, etc.

D'autres expériences, continuées pendant trois ans, avaient pour but de

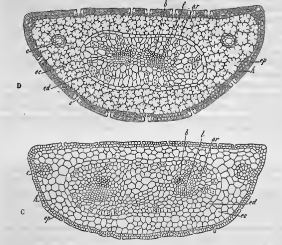


Fig. 11 et 12. — *Exemple du changement de structure de la même plante à la lumière discontinue* D *et à la lumière continue* C (feuille de Pin d'Autriche).

A la lumière continue C, les cellules de l'écorce *ec* perdent leurs petits replis internes qui caractérisent le genre Pin (*ec*, fig. D); les canaux résinifères *c* se sont déplacés, et d'une manière générale, les tissus sont moins différenciés.

rechercher quelles modifications de structure il est possible d'obtenir en soumettant les plantes, d'une part à la lumière discontinue, d'autre part à une lumière de même intensité mais éclairant la plante nuit et jour, sans discontinuité.

Deux lots de plantes semblables étaient soumis, le premier à un éclairement électrique constant, le second au même éclairement de six heures du matin à six heures du soir, et à l'obscurité de six heures du soir à six

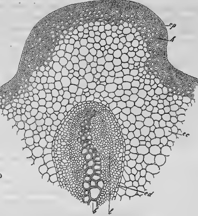


Fig. 13. — Section du pétiole du plant cultivé à la lumière discontinue. Les assises sous épidermiques *h* sont épaisses comme celles de l'épiderme *ep* ; l'endoderme *ed* est très distinct; les cellules de l'écorce *ec* présentent çà et là de petits méats.

D

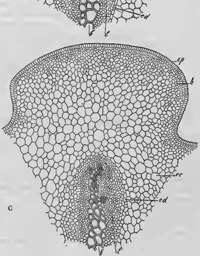


Fig. 14. — Section du pétiole de la même plante à la lumière continue. L'épiderme *ep* se montre tout à fait distinct des assises sous épidermiques *h*, qui ne sont pas épaissies; l'endoderme *ed* est, au contraire, moins distinct; les cellules de l'écorce *ec* ne présentent pas de méats.

C

Fig. 13 et 14. — *Autre exemple du changement de structure de la même plante à la lumière discontinue* D *et à la lumière continue* C (pétiole de Pteris tremula).

heures du matin ; un troisième lot, en plein air, aux conditions ordinaires normales, servait de terme de comparaison.

En opérant avec des arbres, on constate que leurs jeunes branches éclairées à la lumière continue sont très vertes et à feuilles moins serrées que dans l'éclairement normal. Au premier abord, il semble qu'on est en présence de pousses à la fois étiolées et riches en chlorophylle.

D'une manière générale, ces pousses ont offert dans leurs tissus une différenciation moins grande que les pousses normales.

Certaines modifications dans la structure anatomique sont tout à fait frappantes et plus grandes que celles qu'on observe naturellement dans les conditions d'éclairement les plus différentes.

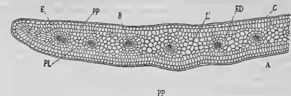
C'est ainsi qu'une feuille du milieu de la pousse développée d'un Pin d'Autriche étant coupée en travers (fig. 12, C), si l'on compare cette coupe à celle correspondante de la feuille analogue éclairée à la lumière discontinue (fig. 11, D), on peut noter les observations suivantes : l'épiderme *ep* est à parois minces et non lignifiées; l'assise sous-épidermique *h* peu épaissie ; le parenchyme cortical *ec*, bourré de grains de chlorophylle, est moins développé par rapport aux tissus centraux et ne présente pas dans les parois de ses cellules ces curieux replis si caractéristiques du genre Pin et qui sont très développés dans l'échantillon normal ; les canaux sécréteurs *c* ont un diamètre plus de deux fois plus petit et sont rapprochés de l'assise sous-épidermique ; les cellules de l'endoderme *ed* ressemblent presque à celles du péricycle qui les avoisinent; le tissu aréolé *ar* est bien moins net et les deux faisceaux *b*, *l* sont jusqu'à cinq et six fois plus écartés l'un de l'autre que dans l'échantilon normal. Les feuilles de Pin silvestre, de Chêne, de Bouleau, d'Orme, etc., éclairées pendant tout leur développement à la lumière continue ont montré aussi, dans le tissu en palissade, l'épiderme et les stomates, une moindre différenciation que les feuilles comparables normales.

Les expériences faites avec des espèces herbacées, des graines germant, des tubercules ou des plantes aquatiques, ont donné des résultats analogues (voyez, par exemple, les figures 13 et 14). Certains tubercules et certains rhizomes, soumis à l'éclairement continu, déplaçaient même leurs réserves pour former des sortes de tubercules aériens à cellules remplies de chlorophylle jusqu'au centre du tubercule.

Sur la structure des plantes du Spitzberg et de l'Ile Jan-Mayen (C. R., t. CXVIII, p. 1427). — *Les plantes arctiques comparées aux mêmes espèces des Alpes et des Pyrénées* (Rev. gén. Bot., t. VI, p. 503).

Un assez grand nombre d'espèces des régions arctiques se retrouvent dans les hautes altitudes des Alpes ou des Pyrénées.

Dans ce Mémoire, l'auteur se propose de comparer la structure des



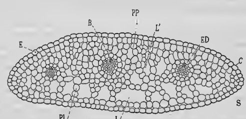


Fig. 15 et 16. — *Exemple de la structure comparée d'une même plante* (Saxifraga oppositifolia) *provenant des hautes altitudes des Alpes* A *ou du Spitzberg* S.

Dans l'échantillon arctique S, la feuille est plus épaisse, à tissus moins différenciés et montre de grandes lacunes à air L, L', la suppression du tissu en palissade PP, etc., en somme, tous les caractères d'une plante qui s'est développée dans l'air très humide et à un éclairement continu.

mêmes espèces récoltées d'une part au Spitzberg ou à l'Ile Jan-Mayen, et d'autre part recueillies dans la région alpine supérieure de nos montagnes.

Au point de vue des sommes de température et de l'humidité du sol, les plants d'une même espèce peuvent se trouver dans des conditions assez analogues de part et d'autre ; mais, en considérant l'humidité de l'air et le mode d'éclairement, on constate une remarquable inégalité dans le milieu physique extérieur.

En effet, à mesure qu'on s'élève dans les hautes régions des Alpes,

l'air devient de plus en plus sec, tandis qu'à mesure qu'on atteint les latitudes de plus en plus élevées, l'air devient de plus en plus humide. Quant à l'éclairement, tandis que les plantes alpines sont soumises à une lumière alternative très vive pendant la journée et nulle à minuit, dans une atmosphère ordinairement dépourvue de brumes, les plantes arctiques sont exposées à une lumière continue, au milieu d'un brouillard presque incessant.

En comparant attentivement la structure des organes comparables, on trouve chez l'espèce arctique tous les caractères d'une adaptation à un éclairement continu et à l'air humide.

Ainsi, les feuilles de la plante arctique sont plus épaisses, renferment plus de lacunes à air et sont moins différenciées que celle de la plante alpine de la même espèce (fig. 15 et 16).

Des cultures faites avec les mêmes plantes, à la lumière électrique continue et dans l'air humide, ont réalisé expérimentalement des modifications de structure qui se produisent dans le même sens.

IV. — Influence de la pression sur les végétaux

Recherches sur la transmission de la pression à travers les plantes vivantes, (Rev. gén de Bot., t. V, p. 12, 74. 100, avec figures et deux planches). — *Sur la différence de transmissibilité des pressions à travers les plantes ligneuses, les plantes herbacées et les plantes grasses* (C. R., t. CXV, p. 1097). — *Note sur la pression transmise à travers les tiges* (Bull. Soc. Bot., t. XXXIX, p. 407).

La pression à l'intérieur d'un arbre ou d'une plante herbacée varie assez régulièrement tous les jours et présente aussi, suivant diverses conditions, des changements qui peuvent être considérables. Un arbre, par exemple, peut avoir à son intérieur des dépressions qui varient de 0 à 1/2 atmosphère ou des pressions qui dépassent la pression atmosphérique de 1/2 atmosphère et plus.

On s'est proposé, dans ces recherches, d'étudier par plusieurs méthodes différentes de quelle manière un changement de pression se transmet à travers les tissus de diverses plantes, jusqu'à leurs parties profondes.

En sectionnant sous l'eau une plante ou un arbre ayant depuis longtemps des manomètres dans ses tissus, ou en faisant le vide sur la section de la tige, les résultats ont toujours été concordants.

L'auteur trouve que la pression se transmet très rapidement à travers les tissus conducteurs d'une tige ligneuse qui vient d'être sectionnée, mais est loin d'atteindre immédiatement la valeur absolue de la pression à transmettre. Sa vitesse de transmission devient très grande à mesure que la distance diminue entre un point donné, où est inséré le manomètre, et la section de la tige.

La pression se transmet plus lentement et plus difficilement à travers les plantes herbacées, plus difficilement encore à travers les plantes grasses.

En automne, lorsqu'on coupe brusquement la tige d'un arbre vers sa base, on observe, dans les tissus profonds, une variation immédiate de pression ; cette variation se produit aussi lorsqu'on coupe une plante herbacée, mais n'a pas lieu immédiatement, en général. On ne constate pas de changement brusque de pression, dans les mêmes conditions, chez une plante grasse.

Enfin, le changement de la pression atmosphérique autour de la plante intacte, quelle qu'elle soit, ne se fait sentir qu'au bout d'un temps très long dans les tissus profonds de la tige.

Toutes les expériences précédentes font voir le rôle considérable que joue le tissu conducteur dans la transmission des pressions à l'intérieur des végétaux.

Recherches expérimentales sur les variations de pression dans la Sensitive (Rev. gén. Bot., t. IV, p. 513, avec deux planches). — *Sur les variations de pression du renflement moteur des Sensitives à l'état normal et sous l'influence du chloroforme* (Bull. Soc. Bot., t. XXXIX, p. 365). — *Note sur les mouvements des feuilles de Sensitive sous l'influence d'une dépression atmosphérique* (Soc. de Biol., 9e série. t. IV, p. 951).

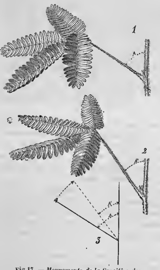


Fig.17. — *Mouvements de la Sensitive dans l'air raréfié.*

1, Position normale de réveil ; 2, position de réveil exagéré dans l'air raréfié, le pétiole se redresse et les folioles se rabaissent (c'est la position inverse de celle du sommeil) ; 3, différences angulaires du pétiole et de la tige.

La Sensitive, si intéressante par les mouvements de ses feuilles, a de tout temps attiré l'attention des observateurs et des expérimentateurs. Malgré de nombreuses recherches, aucune explication complète de l'irritabilité et des mouvements diurnes chez la Sensitive n'a encore paru satisfaisante.

Ce Mémoire vient apporter un élément nouveau qui pourra contribuer à résoudre ce problème.

L'auteur est parvenu à insérer la pointe d'un manomètre sensible dans le renflement moteur d'une feuille de Sensitive, sans gêner les mouvements de cette feuille. De nombreux pieds de cette espèce, en pots, munis de manomètres ont servi d'objets à des expériences variées.

Les changements de pression qui se font sentir dans le renflement mo-

teur ont pu être mis en évidence, soit lorsqu'on endort la plante avec du chloroforme, soit lorsqu'on fait changer la pression de l'air dans les tissus ou autour de la plante, soit enfin lorsqu'on provoque par le contact les mouvements des feuilles.

La pression du renflement moteur est toujours en rapport avec les mouvements des feuilles.

Dans une autre partie de ce travail, on étudie de près les mouvements des feuilles et des folioles de la Sensitive, quand on raréfie l'air autour de la plante avec une machine pneumatique. Ces mouvements sont alors exactement inverses de ceux qu'on observe ordinairement chez la Sensitive. Ils mettent la feuille dans une position de « réveil exagéré », redressant plus qu'à l'état de veille le pétiole commun et rabaissant les folioles (2, fig. 17).

V. — Vie ralentie ; chaleur dégagée ; échanges gazeux.

Recherches sur la vie ralentie et sur la vie latente (1re note) (Bull. Soc. Bot., t. XXVII, p. 83). — *Recherches sur la vie ralentie et la vie latente (2e note); action de l'eau sur les organes à l'état de vie latente ou ralentie* (Bull. Soc. Bot., t. XXV, p. 116). — *Recherches sur la vie latente des graines (3e note)* (Bull. Soc. Bot., t. XXIX, p. 25). — *Recherches sur la vie ralentie et la vie latente (4e note); dessiccation des graines à diverses températures et action des anesthésiques* (Bull. Soc., t. XXIX, p. 149).

En collaboration avec M. Van Tieghem.

On sait que Claude Bernard a caractérisé la *vie latente* par l'absence absolue de modifications dans l'organisme. Une graine à l'état de vie latente serait simplement une substance ; il ne s'y produirait ni modifications internes, ni relations entre la graine et le milieu extérieur.

Les expériences ont été faites pour vérifier si cette donnée était d'une exactitude absolue. Voici comment on a opéré :

Trois parts égales de graines de la même espèce et provenant de la même récolte ont été faites. La première part a été laissée à l'air libre, la seconde à l'air clos, la troisième dans de l'acide carbonique pur. Pour chaque série, le nombre des graines avait été compté et elles avaient été pesées à moins d'un demi-milligramme près. Le tout a été abandonné pendant deux ans, dans les mêmes conditions extérieures. Les expériences ont porté sur un certain nombre d'espèces : Pois, Haricot, Ricin, Lentille, etc.

Au bout de ce séjour prolongé, les trois lots de graines de chaque espèce ont été examinés à quatre points de vue différents. On a étudié : 1° les poids des graines ; 2° leur germination comparée ; 3° leur résistance à l'attaque des Bactériacées ; 4° les changements gazeux produits dans l'air des tubes qui renfermaient les graines.

Il a été ainsi constaté que les graines à l'air libre ont perdu de leur poids, ont germé presque toutes et ont présenté une résistance plus grande à l'attaque des Bactéries. Les graines placées à l'air clos ont aussi perdu de leur poids, mais un peu moins, et l'on constate par l'analyse des gaz renfermés dans les tubes où elles étaient placées, une absorption d'oxygène et une émission d'acide carbonique. Quant aux graines placées dans l'acide carbonique, elles n'ont pas varié de poids, n'ont pas germé et ont résisté moins bien que les autres à l'attaque des Bactéries.

Il résulte de l'ensemble de ces expériences que la vie latente n'est qu'une forme de la vie extrêmement ralentie, pendant laquelle les fonctions physiologiques ne sont pas complètement abolies.

Des expériences analogues ont été faites avec des bulbes et des tubercules frais, ou desséchés.

Une autre partie de ces recherches est relative à l'action du froid :

On sait, depuis les expériences d'Edwards et Colin (1834), et par les expériences récentes de M. C. de Candolle, que les graines mûres peuvent être soumises à des températures très basses sans perdre la faculté germinative. Les auteurs présentent les résultats d'expériences qui montrent que certaines graines font exception à cette règle, telles que celles de l'Érable, parmi les plantes de notre région, dont les embryons gèlent vers — 20°; on peut citer aussi, parmi les plantes cultivées, le *Thermopsis nepalensis* et le *Gleditschia ferox*, dont toutes les graines ont été congelées à — 25°.

Enfin les auteurs traitent la question de l'endosmose et de l'exomose des organes à l'état de vie ralentie ;

Si l'on plonge dans l'eau un organe à l'état de vie latente, pourvu d'une ample provision de matériaux nutritifs, une graine, par exemple, il se produit aussitôt deux phénomènes inverses. La graine absorbe de l'eau qui pénètre dans sa masse avec ou sans les matières dissoutes, suivant la nature de ces matières et celle de la graine. La graine dégage en même temps dans l'eau qui l'entoure une certaine quantité de substances solubles qui se trouvent en réserve dans ses cellules. Il y a endosmose et exosmose à la fois.

Étudiant d'abord l'endosmose, les auteurs appellent *pouvoir absorbant* de la graine le poids d'eau absorbé, rapporté à 100 de graines prises à l'état de dessiccation ordinaire. Ce pouvoir absorbant varie suivant la nature de la graine ; il est indépendant de la température ; il n'est pas le même dans une graine vivante et dans une graine morte. La valeur de ce pouvoir absorbant est ensuite donnée dans diverses conditions, pour le Lupin, la Fève, le Blé, le Haricot, le Maïs, le Balisier.

Pour mesurer l'exosmose, on renouvelle l'eau qui entoure les graines, de façon que la perte de matières solubles se poursuive jusqu'à épuisement total ; l'eau employée était suffisamment chloroformée afin d'éviter le développement des organismes inférieurs. Le résidu d'exosmose était ensuite analysé. Les résultats obtenus sont indiqués pour les graines d'un assez grand nombre d'espèces ; ce sont les espèces citées plus haut et, en outre, les suivantes : Lentille, Châtaignier, Chêne, Noyer, Coudrier, Amandier, Pistachier, Sarrasin, etc. On peut citer, entre autres résultats, les embryons

de Lupin, qui abandonnent à l'eau plus du tiers de leur matière sèche.

Les mêmes phénomènes d'exosmose ont été mesurés avec divers tubercules et bulbes, avec les jeunes pousses de l'Asperge et les racines de Radis. Passant ensuite à l'exosmose des plantules en germination, les auteurs sont amenés à étudier les organes qui, jouissent de la vie manifestée et chez lesquels le résidu de matières examiné devient très faible ; mais ce résidu existe toujours. Le problème de l' « excrétion des racines » n'est donc qu'un cas particulier de ce phénomène et reçoit ainsi, d'un façon générale, une solution positive.

Note sur la réviviscence des plantules desséchées (Rev. gén. Bot., t. IV, p. 194).

Doyère avait remarqué que le Blé germé peut, en certains cas, supporter une dessiccation plus ou moins forte, puis reprendre ensuite la vie active si on le place de nouveau dans des conditions favorables. On sait d'ailleurs qu'il existe des plantes développées, certaines Sélaginelles par exemple, qui présentent la même particularité.

Dans ce travail, on s'est proposé de préciser, pour le Blé, les conditions dans lesquelles on peut opérer le retour à la vie active des jeunes plants desséchés et de chercher dans quelles limites on peut observer ce phénomènes chez d'autres espèces, telles que la Fève, le Haricot, le Pois, le Maïs.

Les résultats des expériences prouvent que ce retour possible à l'état de vie presque latente, sans perte du pouvoir germinatif, dépend essentiellement de l'état de développement de la plantule et de la température à laquelle on la dessèche.

C'est surtout l'eau abandonnant le protoplasma ou se combinant avec lui qui joue le rôle principal dans ces alternatives de vie ralentie et de vie manifestée. L'eau des membranes, des grains d'amidon, etc., ne paraît jouer qu'un rôle très accessoire.

Enfin, si l'on étudie, au point de vue des échanges gazeux et de la chaleur dégagée, ces plantes en voie de réviviscence, on trouve des phénomènes analogues à ceux de la germination des graines, avec cette différence que la première période est relativement abrégée.

Recherches sur la chaleur végétale (Ann. Sc. nat., 7e série, t. VIII, p. 1, avec deux planches). — *Sur la quantité de chaleur dégagée par les végétaux pendant la germination* (Bull. Soc. Bot., t. XXVII, p. 141). — *Sur les quantités de chaleur dégagées et absorbées par les végétaux* (C. R., t. CII, p. 1448). — *Note sur la comparaison entre la chaleur dégagée par les végétaux et la respiration* (Soc. de Biol., 9e série, t. IV, p. 119).

Les botanistes qui s'étaient occupés de la chaleur dégagée par les végétaux avaient seulement mesuré la différence de température existant entre le végétal étudié et le milieu extérieur. De semblables expériences ne sauraient donner la quantité de chaleur dégagée.

Cette quantité de chaleur peut, au contraire, être obtenue par l'emploi du calorimètre Berthelot, dont on se sert comme pour l'étude des réactions lentes; c'est la méthode qui a été employée dans ce travail. Les graines de nombreuses espèces ont été successivement étudiées et ont toutes fourni un dégagement notable de chaleur. En suivant une graine depuis le commencement de la germination jusqu'au moment où la chlorophylle apparaît dans la plantule, on peut mesurer la quantité totale de chaleur dégagée pendant cette période. Pour les graines étudiées, la quantité de chaleur dégagée en une minute par un kilogramme de graines germant, a varié de 30 à 120 calories.

De nouvelles expériences ont été faites par l'auteur sur les quantités de chaleur dégagées par les végétaux aux différentes époques de leur développement. Les méthodes employées sont au nombre de deux : celle qui a servi aux expériences précédentes, et celle du thermocalorimètre de Regnault. Dans la seconde méthode, connaissant l'excès de la température marquée par le thermocalorimètre sur celle du milieu extérieur, l'expérience est disposée de telle façon qu'on peut calculer la quantité de chaleur dégagée par les végétaux placés dans l'appareil.

Les résultats fournis par ces deux procédés sont concordants et permettent de formuler les conclusions suivantes : 1° les quantités de chaleur dégagée dans le même temps, par le même poids de tissus vivants, sont très différentes suivant l'état du développement ; 2° le nombre de calories produites passe en général par des maxima et des minima successifs ; 3° les maxima les plus importants sont ceux que l'on constate au début de la germination et pendant la floraison.

Des expériences de vérification ont été faites en plongeant les graines ou les fleurs dans l'air et non plus dans l'eau.

Il est à remarquer que la quantité de chaleur dégagée pendant un certain temps par un végétal n'a aucun rapport avec celle qui serait produite par la formation de l'acide carbonique émis, même en tenant compte de l'excès

d'absorption d'oxygène pendant le même temps. Pour les graines en germination, la première quantité de chaleur est plus grande que la seconde; dans les fleurs épanouies ou dans les fruits en voie de maturation, elle est, au contraire, plus petite.

C'est donc lorsqu'on étudie les tissus au moment de la consommation d'une réserve déterminée, comme au début de la germination, que la chaleur dégagée par la transformation des substances de réserve (dédoublement et hydratation) vient, si l'on peut s'exprimer ainsi, *s'ajouter* à celle de la respiration.

Si l'on étudie les tissus au moment de la formation d'une réserve déterminée, comme cela se produit alors que les substances émigrent vers les fleurs ou au début de la formation des fruits, on constate que la chaleur absorbée par la formation des substances de réserve vient au contraire *se retrancher* de la chaleur dégagée par la respiration.

Les nouveaux travaux sur la nature et le rôle physiologique de la chlorophylle (Ann. Sc. nat., 6e série, t. X, p. 218).

Cette Note contient l'exposé des travaux récents sur la composition chimique et sur le rôle de la chlorophylle. On y trouve une critique de la théorie proposée par M. Prinsgheim et l'indication des recherches à faire au sujet de l'influence de la lumière sur la respiration; ces recherches, exécutées plus tard par l'auteur, avec M. Mangin, devaient servir de point de départ aux études sur les échanges gazeux résumées ci-dessous.

Recherches physiologiques sur les Champignons (C. R., t. XCXI, p. 1075). — *Note sur la vie des Champignons dans l'air confiné* (Bull. Soc. Bot., t. XXX, p. 167). — *Méthode pour étudier l'influence de la lumière sur la respiration* (Bull. Soc. Bot., t. XXX, p. 235). — *Recherches sur la respiration et la transpiration des Champignons* (Ann. Sc. nat., 6e série, t. XVII, avec quatre planches, p. 210).

En collaboration avec M. Mangin.

L'ensemble de ces recherches forme un Mémoire dont le manuscrit avait été déposé à l'Académie des Sciences, qui a décerné aux auteurs le prix Desmazières (1883), sur les conclusions du Rapport suivant, lu par M. A. Chatin.

«Parmi les ouvrages de mérite présentés au concours Desmazières, la Commission a distingué un travail qui, par la sûreté, la précision et la critique des méthodes, tout autant que par la nouveauté et l'importance des résultats, lui a paru plus spécialement digne du prix. C'est un Mémoire intitulé : *Recherches sur la respiration et la transpiration des Champignons*, qui a pour auteurs MM. G. Bonnier, maître de Conférences à l'École Normale, et L. Mangin, professeur au Lycée Louis-le-Grand.

» Pour étudier la respiration des Champignons, ces botanistes ont employé deux méthodes différentes : celle de l'air confiné, avec analyse volumétrique des gaz par un procédé qui leur est propre; celle de l'air constamment renouvelé, avec analyse des gaz par les liqueurs titrées. La critique expérimentale des deux méthodes a été faite par eux avec beaucoup de soin, au moyen d'expériences d'essai et de contrôle, de façon à éviter les causes d'erreurs, à fixer le degré de précision des appareils, à déterminer enfin les conditions de comparabilité des plantes qui y sont introduites. Appliquées ensuite à des Champignons de groupes différents : Mucorinées (*Phycomyces*, *Rhizopus*), Trémellinées (*Exidia*) et Basidiomycètes (*Agaricus*, *Polyporus*, *Telephora*, *Dædalea* et *Trametes*), ces méthodes ont conduit à des résultats concordants, dont voici les principaux :

» La respiration normale consiste simplement, comme chez les animaux, dans une absorption d'oxygène et un dégagement d'acide carbonique, sans émission d'azote ni d'hydrogène. Le rapport du volume de l'acide carbonique émis au volume de l'oxygène absorbé est plus petit que l'unité; chez les Mucorinées seules, il s'est montré sensiblement égal à l'unité. Il y a donc, en général, fixation d'oxygène dans l'acte de la respiration.

» Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ varie d'ailleurs, à égalité de conditions de milieu, avec les espèces; mais, pour une même espèce, il demeure constant, quelles que soient les conditions du milieu; il est, en effet, indépendant de la pression et de l'état hygrométrique de l'air, comme de la température et de la lumière. Par exemple, il a pour valeur : 0,5 à 0,6 dans le *Telephora tremelloides*, 0,6 dans l'*Agaricus velutipes*, 0,7 dans l'*Exidia glandulosa*, 0,7 à 0,8 dans le *Dædalea quercina*. Si la nature du phénomène n'est pas influencée par le milieu, il en est autrement de son intensité. Celle-ci augmente, en effet, avec l'état hygrométrique de l'air et avec la température. Mais surtout, résultat fort inattendu, la lumière diminue, et d'autant plus qu'elle est plus vive, l'intensité de la respiration des Champignons. On s'est d'ailleurs assuré, par la méthode des écrans absorbants et celle du spectre de prisme, que les radiations de réfrangibilité différente exercent une action retardatrice inégale : les radiations les moins réfrangibles (rouge et jaune) retardent plus la respiration que les radiations les plus réfrangibles (bleu et

violet). C'est ainsi que, pour le groupe de rayons que laisse passer une dissolution de chlorophylle, l'action retardatrice est sensiblement nulle, ces rayons agissant comme l'obscurité.

» Pour étudier la transpiration des Champignons, MM. Bonnier et Mangin ont suivi aussi deux méthodes différentes, en mesurant tantôt le volume d'eau absorbé par la plante, tantôt la perte de poids du Champignon due à l'eau transpirée. Ici encore, une série d'expériences d'essai a été instituée pour déterminer les causes et les limites des erreurs, ainsi que les conditions de comparabilité des plantes.

» Le résultat est que l'intensité de la transpiration augmente avec la température et diminue quand l'état hygrométrique de l'air augmente. La lumière accroît l'intensité du phénomène, et, fait curieux, l'accélération ainsi produite se prolonge quelque temps à l'obscurité.

» En résumé, l'ensemble de ces recherches marque un progrès important, non seulement dans la Physiologie spéciale des Champignons ou même dans celle des plantes sans chlorophylle, mais aussi dans la Physiologie générale. Aussi la Commission est-elle unanime à décerner le prix Desmazières à MM. Bonnier et Mangin.

» L'Académie adopte les conclusions de ce rapport. »

Influence de la lumière sur la respiration des graines et des plantes parasites (C. R., t. xcix, p. 160). — *Sur les variations de la respiration des graines germant avec le développement* (Bull. Soc. Bot., t. XXXI, p. 206). — *Recherches sur la respiration des tissus sans chlorophylle* (Ann. Sc. nat., 6e série, t. XVIII, p. 293, avec deux planches). — *Sur la respiration des feuilles à l'obscurité* (C. R., t. c, p. 1519). — *Recherches sur la respiration des tissus verts à l'obscurité* (Ann. Sc. nat., 6e série, t. XIX, p. 217). — *Recherches sur les variations de la respiration avec le développement des plantes* (Ann. Sc. nat., 7e série, t. II, p. 305).

En collaboration avec M. Mangin.

Ces travaux renferment d'abord l'étude de la respiration dans les plantes entières ou dans les parties des végétaux qui sont dépourvues de matières vertes ; les principaux exemples choisis sont : les végétaux phanérogames parasites, les graines pendant leur première période germinative, les rhizomes, les plantes étiolées, etc.

Les méthodes employées sont, sauf quelques légères modifications, celles qui ont été décrites dans le travail relatif à l'étude des Champignons.

L'étude de la respiration a été envisagée dans ces recherches de deux

manières différentes : dans la première partie du Mémoire, on trouve la mesure des quantités d'acide carbonique qui ont été dégagées et des quantités d'oxygène qui ont été absorbées; dans la seconde, les auteurs cherchent comment varie le volume de l'acide carbonique dégagé par rapport au volume de l'oxygène absorbé. Dans les deux cas, les conditions des expériences ont été aussi variées que possible. Les conclusions, qui sont les mêmes pour toutes les plantes étudiées, peuvent être formulées de la façon suivante.

Toutes choses égales d'ailleurs, la chaleur accélère la respiration, c'est-à-dire qu'elle augmente la quantité d'acide carbonique dégagé et la quantité d'oxygène absorbé. La lumière, au contraire, exerce une action inverse, elle affaiblit la respiration.

Le rapport de l'acide carbonique à l'oxygène est absolument indépendant des conditions de chaleur, de lumière et de pression, à un moment donné quelconque du développement. Ce même rapport, au contraire, varie, pour une même plante, avec l'état du développement; d'une façon générale, le rapport diminue lorsqu'il se fait une consommation de réserves.

Les résultats obtenus pour les plantes vertes respirant à l'obscurité sont comparables à ceux qu'ont fourni les plantes dépourvues de chlorophylle. La température plus grande augmente la quantité d'acide carbonique dégagée et celle de l'oxygène absorbé, sans toutefois modifier le rapport de ces deux quantités. Ce dernier résultat est surtout utile à noter, car il est contraire à des travaux précédemment publiés par différents botanistes. D'ailleurs, la valeur du rapport varie avec les espèces étudiées. Dans la saison où les expériences ont été faites, pour une première catégorie d'espèces, parmi lesquelles on peut citer le Fusain, le Marronnier, le Lierre, etc., le volume de l'acide carbonique dégagé est sensiblement égal au volume de l'oxygène absorbé ; chez d'autres plantes, telles que le Pin, le Sapin, l'*Eucalyptus globulus*, le volume de l'acide carbonique dégagé est notablement inférieur à celui de l'oxygène absorbé.

En étudiant la respiration des végétaux à chlorophylle, non plus seulement sur une plante à un état déterminé de son développement, mais en comparant des végétaux de la même espèce arrivés à différents degrés de leur développement, on arrive aux conclusions suivantes :

1° L'intensité du phénomène respiratoire présente deux maxima qui ont lieu, pour les plantes annuelles, au moment de la germination et de la floraison et, pour les plantes vivaces, au moment de l'éclosion des bourgeons et au moment de la floraison ;

2° Le rapport des gaz échangés par la respiration présente pour les plan-

tes annuelles un minimum pendant la germination et un maximum vers le milieu du développement. Pour ces plantes vivaces, il y a maximum au printemps et un minimum à l'automne.

La respiration apparaît, d'après ces recherches, comme une fonction bien

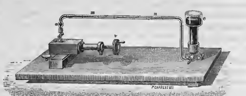


Fig. 18. — *Appareil qui a servi à MM. Bonnier et Mangin pour l'analyse des gaz.*

On enfonce l'éprouvette contenant le gaz à analyser sur un tube qui est dans la cuvette *c*, en détournant la vis *v*, on amène une petite quantité de gaz en *mn*; le gaz peut être ramené ensuite dans l'ampoule *a*; un réactif introduit par la cuvette *c*, de la même manière, est amené dans la partie verticale du tube. Par la vis *v*, on pousse le gaz jusque dans cette partie, puis on le ramène en *mn* et on fait une nouvelle lecture (1).

définie; ce phénomène est, pour un même végétal, à un moment donné, indépendant de toutes les conditions extérieures du milieu.

L'action chlorophyllienne séparée de la respiration (C. R., t. c, p. 1303). — *Sur l'action chlorophyllienne* (Bull. Soc. Bot., t. XXXII, p. 204). — *Recherches sur l'action chlorophyllienne séparée de la respiration* (Ann. Sc. nat. 7e série, t. III, p. 5). — *L'action chlorophyllienne dans l'obscurité ultra-violette* (C. R., t. cii, p. 123).

En collaboration avec M. Mangin.

On sait que, chez les plantes vertes exposées à la lumière du soleil, la respiration se complique d'un phénomène inverse, l'assimilation chlorophyllienne, qui consiste en une émission d'oxygène et une absorption d'acide carbonique. Ces recherches ont pour but de faire connaître les méthodes au moyen desquelles on peut séparer ces deux phénomènes dont on n'avait étu-

(1) Il n'y a ni correction de pression, parce que le tube *m n* est horizontal, ni correction de température parce que l'opération complète se fait en quelques minutes. — Cet appareil a été contrôlé, grâce à l'obligeance de M. Schlœsing, dans le laboratoire de la Manufacture des tabacs; il est maintenant d'un emploi courant dans plusieurs laboratoires, en France et à l'étranger.

dié jusqu'ici que la résultante. Voici quelles sont les trois méthodes principales :

1° On met en expérience deux plantes semblables, l'une à la lumière, l'autre à l'obscurité. La première donne le rapport des gaz échangés par la respiration et l'action chlorophyllienne réunies ; la seconde, le rapport des gaz échangés par la respiration seule. De ces données l'on peut déduire, en supposant que les lois de la respiration sont les mêmes à la lumière qu'à l'obscurité, le rapport des gaz correspondant à l'action chlorophyllienne seule.

2° La seconde méthode repose sur ce fait, signalé par Claude Bernard, que certains anesthésiques, tels que l'éther ou le chloroforme, suppriment l'action chlorophyllienne sans altérer la respiration. On opère sur deux plantes semblables, l'une, dans une atmosphère normale, l'autre, dans une atmosphère renfermant une proportion déterminée d'éther. Comme dans la méthode précédente, on pourra déduire de ces deux expériences la connaissance de l'assimilation chlorophyllienne isolée.

3° Dans les appareils I et II, on place deux plantes semblables. Dans l'appareil I la plante se trouve à l'air ordinaire; dans l'appareil II on ajoute une petite quantité d'une solution de baryte concentrée. Les deux appareils sont ensuite exposés à la lumière. Dans l'appareil II, une partie de l'acide carbonique sera absorbée par la baryte ; l'action chlorophyllienne ne pourra donc pas s'exercer sur une aussi grande quantité d'acide carbonique que dans l'appareil I. Il y aura donc dans l'appareil I décomposition plus grande d'acide carbonique et, par conséquent, plus d'oxygène que dans l'appareil II. L'analyse donnera un excès d'oxygène. Mais cet excès d'oxygène correspond à l'acide carbonique absorbé par la baryte et qu'on mesurera en traitant la solution par l'acide chlorhydrique. On a ainsi la quantité o d'oxygène qui est dégagée pendant que la quantité c d'acide carbonique est décomposée. On en déduit le rapport $\frac{o}{c}$ correspondant à l'assimilation chlorophyllienne seule.

Les résultats obtenus par ces trois méthodes sont concordants et permettent de conclure que le volume d'oxygène dégagé par l'action chlorophyllienne seule est, dans la plupart des cas étudiés, supérieur à celui que renferme l'acide carbonique décomposé.

On attribue l'assimilation chlorophyllienne à l'influence de la partie du spectre visible à l'œil et spécialement aux bandes absorbées par la chlorophylle. Un des travaux précédents a pour but de démontrer que la partie ultra-violette du spectre peut, elle aussi, quoique bien faiblement, provoquer l'action chlorophyllienne.

Comme le rapport des gaz échangés par la respiration est indépendant de la nature des radiations reçues par la plante, on devrait, si l'action chlorophyllienne n'avait pas lieu dans l'ultra-violet, trouver le même rapport dans l'ultra-violet que dans l'obscurité absolue. Or, on constate que ce rapport est modifié, et la modification est telle qu'on ne peut l'expliquer que par une action chlorophyllienne relativement faible.

La plupart des résultats précédents sur les échanges gazeux ont été vérifiés par de nombreux physiologistes en France et à l'étranger, entre autres par M. Palladine, par M. Elfving et par M. Jonnson.

VI. Anatomie.

Les Nectaires (partie anatomique) (Ann. Sc. nat., 6e série, t. VII, p. 78, avec 8 planches; C. R., t. LXXXVIII, p. 562). — *Sur la structure de quelques appendices des organes floraux* (Bull. Soc. Bot., t. XXVI, p. 176).

Ces travaux renferment l'étude anatomique des tissus à sucre avoisinant la surface extérieure de la plante, et qui, d'une manière générale, sont connus sous le nom de *nectaires*. La nature et la limite de ces tissus sont déterminées par des analyses ou par l'emploi direct de réactifs indiquant la prédominance des sucres (saccharoses et glucoses).

L'auteur décrit successivement la structure anatomique de ces tissus chez 370 espèces différentes :

1° *Dans les cotylédons*, où la différenciation du tissu nectarifère peut se voir même dans l'embryon ; l'exemple étudié est le Ricin;

2° *Dans les feuilles :* A la base de la feuille (*Apocynum*, *Vinca*); dans le pétiole (*Prunus*, *Passiflora*, *Amygdalus*, etc.); entre le pétiole et le limbe (*Mimosa*, etc.), où l'auteur décrit aussi les curieux tissus stomatifères des Fougères (*Pteris*, *Cyathea*, *Hemithelia*, etc.); dans le limbe de la feuille (*Cratægus*, *Hibiscus*, etc.);

3° *Dans les stipules :* stipules des *Vicia*, *Faba*, *Phaseolus*, etc.; stipules des *Sambucus*, parfois complètement transformées en nectaires;

4° *Dans les bractées : Centaurea montana*, *Plumbago*, etc. ;

5° *Entre la feuille et la tige : Allamanda*, etc. ;

6° *Dans les sépales :* A la base (*Fritillaria*); dans le limbe (*Genista*, *Coronilla*, *Tilia*, etc.); l'auteur décrit les tissus à sucre dans le recourbement spécial des sépales du *Tropæolum;*

7° *Dans les pétales :* A la base (*Fritillaria*, *Ranunculus*, *Helleborus*, etc.); c'est à propos de cette étude que l'auteur, opposant la disposition inverse des faisceaux dans les deux premiers genres, montre comment s'explique l'orientation du bois et du liber chez les *Ranunculus*, par l'étude d'une suite de pétales dans diverses espèces de Renonculacées ; ces structures forment toutes les transitions entre le pétale aplati d'une Renoncule et le pétale en cornet des Hellébores;

8° *Entre les sépales et les étamines : Xanthoceras*, *Æsculus;*

9° *Dans les étamines :* A la base (*Mirabilis*, *Reseda*, *Stellaria*, etc.), dans un recourbement (*Asclepias*); dans un appendice du connectif (*Viola*);

l'auteur décrit ensuite un cas où toute l'étamine est transformée en nectaire (*Collinsia*);

10° *Entre les sépales, pétales ou étamines et les carpelles :* A la base de l'ensemble des feuilles florales (*Amygdalus*, où sont décrits les stomates spéciaux de la région nectarifère, *Prunus*, *Potentilla*, *Rubus*, *Pirus*, etc., avec une comparaison à ce point de vue des divers genres de Rosacées); entre la base commune des pétales, des étamines et des carpelles (*Vinca*, *Apocynum*, *Phlox*, *Daphne*, etc.); entre les étamines et des carpelles (comparaison à ce point de vue de divers genres de Légumineuses, de *Pæonia*, etc.);

11° *Dans les carpelles :* A la base (étude comparée des tissus à sucre chez les Borraginées et les Labiées, étude des Scrofularinées à ce point de vue, *Convolvulus*, *Erica*, Protéacées); recourbement les carpelles (*Rhinanthus*, *Scrofularia*); partie supérieure des carpelles (Ombellifères, *Cornus*); partie moyenne des carpelles (étude comparée des tissus à sucre chez un grand nombre de Monocotylédones, et entre autres chez celles qui présentent les tissus spéciaux nommés *glandes septales* par Brongniart); dans le style (examen comparé de plusieurs Synanthérées, Dipsacées et Caprifoliacées); dans le stigmate (*Populus*, *Arum*); dans tout le parenchyme extérieur des carpelles (*Jasminum*, *Ligustrum*, Primulacées); enfin dans tout l'ovaire (*Ilex*, Cucurbitacées, *Viscum*);

12° *A la base commune de tous les organes floraux : Anemone*, *Malva*, et toutes les fleurs dites « sans nectaires ».

Dans la dernière partie de ce travail, l'auteur étudie, en détail, la variation de la structure du tissu nectarifère chez les plantes voisines, d'abord dans une même famille (Crucifères), puis un même genre (*Geranium*) et enfin dans une même espèce (*Cheiranthus Cheiri*).

Le mémoire est accompagné de huit planches, contenant 130 figures qui représentent les principales structures décrites.

Les conclusions de ces recherches anatomiques peuvent se résumer ainsi :

1° Il y a toujours accumulation de substances sucrées, et en particulier de saccharose, au voisinage de l'ovaire, même chez les plantes qui n'émettent jamais de nectar;

2° La structure des nectaires est très variable ; il est impossible d'assigner aux tissus saccharifères des caractères morphologiques ou même des caractères anatomiques communs ;

3° Dans la plupart des cas, les tissus à sucre qui émettent un nectar sont munis de stomates particuliers ;

4° La structure générale des nectaires varie considérablement dans une même famille, dans un même genre et parfois dans une même espèce.

*Observations sur la situation morphologique des sacs polliniques chez l'*Helleborus fœtidus (Bull. Soc. Bot., t. XXVI, p. 139).

On admettait, d'après les observations de H. Mohl, que les sacs polliniques se trouvent toujours à la face supérieure de l'anthère chez les Angiospermes et à la face inférieure chez les Gymnospermes. Cette Note a pour but de démontrer que l'*Helleborus fœtidus* fait exception à cette règle et que les sacs polliniques sont situés à la face inférieure de l'anthère chez cette plante angiosperme. Ce résultat a été obtenu par l'étude anatomique d'étamines dont la partie supérieure se prolongeait en carpelle, circonstance qui a permis à l'auteur de déterminer avec certitude, par l'examen des faisceaux libéro-ligneux, la face sur laquelle s'étaient développées les anthères.

Anatomie de la Rose à prolifération centrale (Bull. Soc. Bot., t. XXVIII, p. 138, avec figures).

On a considéré la coupe réceptaculaire des *Rosa* comme composée de deux parties; elle serait formée par l'axe recourbé sur lui-même à la base, tandis que le sommet serait au contraire constitué par la base commune des organes appendiculaires : sépales, pétales et étamines ; mais il était encore possible d'émettre un doute au sujet de cette manière de voir, car rien ne s'oppose à ce que l'on trouve dans la base même de la coupe une réunion d'organes appendiculaires, en admettant que toutes les ramifications supérieures sont dues aux dédoublements des appendices.

L'étude anatomique de la Rose à prolifération centrale, c'est-à-dire d'une Rose dont l'axe continue à travers la fleur pour donner plus haut une nouvelle fleur supplémentaire, a permis à l'auteur de résoudre cette question.

En effet, la base de la partie axile supplémentaire qui donne des feuilles au-dessus de la fleur inférieure et qui se termine par la fleur supérieure, renferme des vaisseaux situés sur le prolongement des vaisseaux recourbés venant se terminer, chez la Rose normale, à la base de la coupe réceptaculaire. Dans cette Rose prolifère, la partie inférieure représente, réalisé par la nature, le schéma de la partie supérieure, c'est-à-dire celui de la Rose normale.

Cette étude, confirmant les conclusions de M. Van Tieghem dans son travail sur la « rose verte », montre donc définitivement que la coupe réceptaculaire des Rosiers peut être regardée comme formée à la base par un recourbement de l'axe et, aux bords, par la partie basilaire commune des appendices floraux nés sur cet axe.

Sur la présence normale des Bractées dans l'inflorescence des Crucifères (Bull. Soc. Bot., t. XXIX, p. 250).

On enseigne ordinairement que, contrairement à ce qui se passe chez les autres plantes, les pédicelles floraux des Crucifères ne présentent à leur base aucune trace de bractée ; cette Note a pour objet de montrer que la présence des bractées est un fait normal, même dans la famille des Crucifères. Dans beaucoup de cas, la bractée est visible au moins dans une partie de l'inflorescence (*Brassica*, *Sinapis*, *Arabis*, etc.). D'autres fois la bractée s'est arrêtée dans son développement et se trouve réduite à une légère protubérance en forme de mamelon. Enfin, dans certains cas, chez le *Cheiranthus Cheiri*, par exemple, les bractées tombent après avoir atteint un très faible développement et laissent une cicatrice dont on peut faire l'étude anatomique. L'examen des tissus au-dessous du point d'insertion du pédicelle révèle souvent la trace d'une bractée avortée, alors que cette bractée ne peut être mise en évidence par la morphologie externe.

Sur un cas tératologique observé chez le Daucus Carota (Bull. Soc. Bot., t. XXIX, p. 355). — *Observations sur un* Verbascum *à fleurs prolifères* (Bull. Soc. Bot., t. XXXII, p. 293.

La première Note renferme l'étude anatomique et morphologique d'inflorescences anormales du *Daucus Carota*. Les ombelles étudiées étaient plusieurs fois composées et portaient des involucres successifs. Les ombelles du dernier ordre avaient des fleurs présentant le même nombre de parties que les fleurs normales, mais complètement thalamiflores et à ovaire libre ; dans ces fleurs, les sépales étaient développés et libres de toute adhérence avec l'ovaire et chaque carpelle était indépendant, devenant un follicule à la maturité.

Dans certains cas même, les carpelles n'étaient pas soudés par leur bord interne et s'étalaient comme des feuilles, portant les ovules sur les côtés. L'examen de cette anomalie est donc une confirmation de la théorie carpellaire et de celle des ovaires adhérents, car on observe ainsi dans les différentes fleurs d'un même exemplaire de *Daucus* tous les passages entre une fleur à ovaire libre et une fleur à ovaire adhérent.

L'exemple étudié dans la seconde Note présente, pour ainsi dire, la contre-partie de celui qui a été examiné dans la première. Les exemplaires de *Verbascum Chaixii* examinés offraient des fleurs dont la seule anomalie était

d'avoir l'ovaire adhérent, ressemblant ainsi extérieurement à une fleur d'Ombellifère dont les pétales seraient soudés par leur base.

L'étude anatomique de diverses fleurs de ce *Verbascum* fait voir que, par l'examen de la structure et par sa morphologie externe, on peut trouver tous les passages entre cette fleur à ovaire adhérent et la fleur normale à ovaire libre.

Sur les différentes formes de fleurs de la même espèce (Bull. Soc. Bot., t. XXXI, p. 240).

Dans cette Note, où sont décrits plusieurs cas de polymorphisme floral, notamment chez les *Saxifraga granulata*, *Erodium cicutarium*, *Potentilla verna*, *Anemone Pulsatilla*, *Viola hirta*, etc., l'auteur se propose d'examiner : 1° si les plantes citées par de nombreux auteurs (*Primula*, *Pulmonaria*) ont des fleurs absolument dimorphes ; 2° s'il y a une adaptation croisée des stigmates et du pollen chez les fleurs dimorphes.

Par l'étude morphologique des différentes fleurs d'une même espèce, l'auteur conclut que si l'on veut exprimer simplement les faits relatifs aux différentes formes de fleurs, on peut dire que toutes les fleurs sont plus ou moins polymorphes, plus ou moins polygames, et que l'on trouve tous les intermédiaires entre les fleurs absolument dioïques et les fleurs absolument hermaphrodites.

Par l'examen anatomique du tissu conducteur et par l'observation de la germination du pollen chez différentes fleurs de la même espèce, l'auteur montre que la dimension des grains de pollen n'est pas nettement déterminée dans une même anthère, et que la manière dont les grains de pollen germent sur les papilles stigmatiques n'est en rapport ni avec cette dimension ni avec celle des papilles.

---

*Sur le developpement et la structure des rhizomes d'*Anemone nemorosa (Bull. Soc. Bot., t. XXXII, p. 167).

Des opinions bien différentes ont été émises sur la structure du rhizome de l'*Anemone nemorosa*. M. Costantin a décrit un commencement de formations secondaires, tandis que MM. Vaupell et Marié nient l'existence de ces formations. C'est seulement par l'étude du développement qu'on peut résoudre la question et s'expliquer la divergence des opinions qui précèdent.

En suivant le développement du rhizome depuis la germination, on constate, comme l'avait déjà fait remarquer M. Warming, que l'axe hypocotylé a la forme d'un tubercule et que l'axe épicotylé, plus mince, s'allonge horizontalement et porte pendant la première année une seule feuille verte qui sort de terre ; la seconde année, le rhizome s'allonge encore et produit une seconde feuille ; ce n'est qu'au bout de plusieurs années qu'il se relève au-dessus du sol et se termine par une fleur ; l'axe floral ainsi produit se dessèche et on voit se former à sa base un bourgeon latéral destiné à continuer le rhizome. Chaque branche latérale se conduit de son côté comme l'axe épicotylé et, au bout d'un certain temps, peut être isolée des autres branches par suite de la mort des parties les plus âgées. Pendant tout ce temps l'axe hypocotylé subsiste et ne cesse de s'accroître en épaisseur.

En faisant l'anatomie des différentes parties du rhizome, l'auteur montre que l'axe hypocotylé présente autant d'anneaux de formations secondaires qu'il compte d'années, ce qui jusque-là n'avait pas été observé, et que les autres parties du rhizome ne possèdent pas de formations secondaires, comme l'avaient dit MM. Vaupell et Marié, ou n'en présentent qu'un commencement dans les parties les plus âgées, comme l'avait signalé M. Costantin.

Sur quelques variations de la structure du Thymus vulgaris (Bull. Soc. Bot., t. XXXVI, p. CCLXXIV).

On trouve dans les Pyrénées centrales, même à des altitudes déjà assez élevées, des colonies de plantes méridionales et en particulier de Thym (*Thymus vulgaris*). Les individus de cette espèce y prennent un aspect particulier. Les caractères anatomiques des feuilles et des tiges diffèrent de ceux qu'on observe normalement dans la région méditerranéenne. Ces caractères sont étudiés dans ce travail où l'on décrit en particulier les formations tertiaires et les diverses anomalies que présentent les tiges âgées du Thym croissant dans ces stations montagneuses.

DEUXIÈME PARTIE

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE ET BOTANIQUE DESCRIPTIVE

I. — Distribution des plantes dans les montagnes.

Quelques observations sur les relations entre la distribution des phanérogames et la nature chimique du sol (Bull. Soc. Bot., t. XXVI, p. 338). — *Observations sur la flore alpine d'Europe* (Ann. Sc. nat., 6e série, t. X, p. 5).

Des observations sur la flore alpine ont été faites par l'auteur dans les Alpes d'Autriche, de Suisse et d'Italie (1873, 1874, 1879), dans les Carpathes septentrionales (1879) et dans les Alpes françaises (1869-1894).

En premier lieu, l'auteur s'occupe de l'influence de la nature du sol sur la distribution des végétaux. Pour faire ces recherches, la connaissance générale de la nature du terrain sur lequel croissent les végétaux observés n'est pas suffisante, car on ne peut apprécier rigoureusement la répartition des plantes calcicoles et calcifuges d'une contrée par l'étude seule de sa carte géologique. L'altération chimique de beaucoup de roches siliceuses par la pluie ou par l'eau d'infiltration peut transformer en carbonate de chaux les silicates à base de chaux. Dans tous les cas, le sol même où croît la plante a été analysé.

Les régions comparées à ce point de vue sont les suivantes :

1° Alpes du Dauphiné (Pelvoux, Grandes-Rousses, Belledonne, Villard-de-Lans, Grande-Chartreuse, etc.), schistes, grès, granite, sables et calcaires.

2° Alpes d'Autriche (Gross-Glockner, Tauern, Watzmann, Untersberg, etc.), schistes, grès et calcaires.

3° Carpathes septentrionales (groupe du Tatra), schistes, granites, sables siliceux et calcaires.

Un tableau renfermant le résumé des observations spéciales faites sur 63 espèces de plantes répandues dans ces trois régions, indique pour chaque contrée si l'espèce étudiée est calcicole, calcifuge ou indifférente. On voit par les résultats donnés dans ce tableau qu'un grand nombre de plantes qu'on

peut considérer comme absolument calcicoles dans une région sont, au contraire, absolument calcifuges dans une autre région. On conclut de là que la nature chimique du sol ne saurait avoir une influence absolue sur la limitation des espèces. On peut citer, à cet égard, un exemple frappant choisi parmi les plantes les plus répandues dans les régions alpines ; c'est la distribution du *Rhododendron ferrugineum* et du *Rhododendron hirsutum* dans la chaîne des Alpes ; ces plantes croissent l'une et l'autre sur tous les sols, lorsqu'elles ne sont pas en concurrence, mais se limitent, la première aux sols siliceux, la seconde aux sols calcaires lorsqu'elles croissent ensemble dans la même contrée.

En second lieu, l'auteur étudie, dans les trois régions explorées, la distribution des espèces en altitude relative : dans la zone subalpine, la zone alpine inférieure et la zone alpine supérieure. En comparant les listes de plantes établies par ordre de fréquence pour ces diverses zones dans les trois contrées étudiées, l'auteur met en évidence les espèces communes à toutes les contrées et celles qui se remplacent en Dauphiné, dans les Alpes autrichiennes et dans les Carpathes.

Une autre partie de ce travail est relative aux variations des limites d'altitude pour une même espèce. Après avoir déterminé pour plusieurs plantes les limites sur un même versant, puis à la fois sur le versant sud et le versant nord d'un même groupe de montagnes, les limites supérieures et inférieures d'altitude de 24 espèces sont données pour les Carpathes, les Alpes autrichiennes et le Dauphiné. Il résulte de cette comparaison que les limites supérieures des espèces alpines sont, en général, régulièrement plus basses dans les Carpathes que dans les Alpes, et un peu plus basses dans les Alpes autrichiennes que dans les Alpes françaises, tandis que les limites inférieures des espèces alpines paraissent au contraire sensiblement les mêmes dans les Carpathes que dans les Alpes.

L'auteur applique ensuite aux régions étudiées la méthode de M. Alphonse de Candolle, pour intégrer les sommes de températures utiles et montre qu'en tenant compte du séjour plus ou moins long des neiges, les résultats du calcul déduits des observations météorologiques peuvent faire suffisamment comprendre les variations observées.

Études sur la végétation de la vallée de Chamonix et de la chaîne du Mont-Blanc (Rev. gén. Bot., t. I.. p. 28, 79, 146 et 204, avec une carte).

Dans ce Mémoire, l'auteur montre tout d'abord que la végétation du massif du Mont-Blanc est surtout caractérisée par une pénurie relative de

plantes alpines et par une grande abondance de plantes de plaines. Les plantes alpines sont rares, même comme nombre d'individus, non seulement dans la partie inférieure de la vallée où elles manquent presque totalement, mais aussi dans les régions subalpine et alpine. C'est pourquoi il n'est peut-être aucune autre région de la chaîne des Alpes se prêtant mieux à l'étude de la lutte qui s'établit entre les plantes de la flore alpine et les plantes répandues dans les régions peu élevées.

L'explication de cette pénurie d'espèces alpines a donné lieu à de nombreuses hypothèses. Quelques botanistes, et, entre autres M. A. de Candolle, l'ont attribuée à la persistance plus grande, au fond de la vallée de Chamonix, des glaciers de la chaîne du Mont-Blanc, qui s'étendaient dans le bassin de l'Arve où se trouvent partout les preuves indubitables de leur ancienne extension. L'auteur pense que cette opinion est la plus plausible. Ce n'est ni à la nature du sol, ni à l'influence du climat actuel que l'on peut attribuer la pauvreté de la flore alpine du massif du Mont-Blanc, c'est une cause antérieure qu'il faut invoquer, très probablement la longue persistance des glaces dans les vallées encaissées. Il faut y ajouter la disposition orographique du massif peu accessible à l'envahissement par la végétation. Tandis que le massif du Mont-Rose ou les montagnes cristallines du Dauphiné présentent des vallées ouvertes dans toutes les directions et reliées aux flores les plus diverses, la vallée de Courmayeur, et plus encore la vallée de l'Arve, sont certainement d'un accès très difficile pour la propagation des plantes. Ce n'est qu'avec une extrême lenteur que le tapis végétal a dû se former sur tout le massif du Mont-Blanc, et il n'a pu se trouver composé que par un nombre restreint d'espèces.

Après avoir fait l'étude des diverses zones botaniques que l'on rencontre sur les hautes montagnes, l'auteur montre, d'après la distribution des plantes qui végètent sur les moraines, qu'il est nécessaire d'établir d'autres zones qu'il nomme zones morainiques. En effet, les moraines des glaciers et les dépôts glaciaires récents que l'on rencontre jusqu'au fond même de la vallée possèdent une association spéciale d'espèces qui s'y trouvent presque exclusivement localisées. Ces espèces sont accompagnées d'un certain nombre d'autres plantes des zones subalpine et alpine, ainsi que des espèces de plaines, mais la fréquence relative de ces plantes y est tout autre.

A la fin du siècle dernier et au commencement du XIX[e] siècle, les glaciers de la chaîne du Mont-Blanc ont progressé assez rapidement et ont recouvert complètement de vastes étendues de terrains. Le maximum d'extension des glaces correspond à la période de 1817 à 1826, époque à laquelle les blocs erratiques du glacier des Bois tombaient sur les toits des premières maisons du village de ce nom.

Depuis ce temps, les glaces se sont, au contraire, retirées peu à peu d'une manière très marquée tous les ans, laissant à découvert un sol sur lequel s'installe une nouvelle végétation. C'est ainsi que, depuis soixante ans, la Mer de glace a diminué presque constamment, abandonnant entre son extrémité inférieure et sa moraine frontale un espace de plus de quarante hectomètres carrés.

D'après les observations faites par l'auteur, dans ces terrains où le sol vient d'être abandonné par les glaces, ce sont d'abord les Lichens, les Algues et les Muscinées qui prédominent, et leur développement se fait avec une assez grande lenteur. Puis un certain nombre des espèces vasculaires déjà développées dans la partie morainique plus ancienne viennent s'y établir. La plupart sont des espèces vivaces qui augmentent leur aire d'extension, au moyen de leurs parties souterraines ou de leurs tiges rampantes; çà et là, au contraire, germent quelques plantes issues de graines. Lorsqu'on voit de quelle manière les plantes envahissent ces terrains que les glaces laissent apparaître, c'est presque comme si l'on assistait à l'immigration des végétaux produite, en grand, dans toute la vallée, à la fin de l'époque glaciaire.

Ce travail est accompagné d'une carte, dressée par l'auteur, qui indique non seulement les limites végétales en altitude, mais encore l'extension des flores morainiques.

Études sur la végétation de la vallée d'Aure (*Hautes-Pyrénées*) (Rev. gén. Bot., t. II, p. 97, 145, 217 et 241, avec une carte).

Ce travail, comme le précédent, est une étude détaillée d'une région restreinte, mais choisie dans les Pyrénées centrales. L'auteur y étudie la distribution géographique des espèces, détermine les limites générales de leur extension en altitude et compare cette flore à celle des autres régions des Pyrénées et aux diverses flores analogues de la chaîne des Alpes. Il signale l'extension, plus ou moins localisée, de plantes méridionales qui sont restées çà et là sur certaines pentes bien exposées. Enfin l'auteur dresse la liste des plantes de plaines qui s'élèvent dans les Pyrénées jusqu'aux altitudes les plus élevées.

L'auteur fait remarquer que les limites végétales ne sont pas simplement relevées sur les versants sud par rapport aux versants nord, ainsi que cela a lieu dans les Carpathes, les Vosges ou les Alpes septentrionales. Ici la modification due à l'exposition est plus profonde, l'influence s'exerce non seulement sur les limites d'altitude des espèces, mais encore sur leur distribution relative.

Une carte fait voir comment varient les limites d'altitude suivant l'exposition des différents versants pyrénéens.

La flore des Pyrénées comparée à celle des Alpes françaises (Association française pour l'Avancement des sciences, 21e congrès, Pau).

Après avoir établi les diverses zones de végétation comparables entre elles dans les Alpes et les Pyrénées, l'auteur examine dans ce travail les variations qui se produisent dans la géographie botanique comparée des deux chaînes de montagnes. Il recherche quelles sont les plantes spéciales aux Alpes et quelles sont les plantes spéciales aux Pyrénées qu'on peut considérer comme se remplaçant l'une l'autre dans les deux chaînes. Il expose ensuite les résultats que lui ont donnés diverses tentatives de semis et de naturalisation, faites de 1884 à 1894, d'espèces spécialement alpines introduites dans les Pyrénées, et réciproquement d'espèces spécialement pyrénéennes introduites dans les Alpes.

De l'ensemble de ces observations comparées et de ces expériences de culture, il résulte que la chaîne des Alpes et la chaîne des Pyrénées présentent à leurs diverses altitudes des conditions actuelles de milieu physique qu'on peut considérer comme identiques, mais qu'à côté d'un grand nombre de plantes qui offrent les mêmes caractères, il s'en trouve beaucoup qui sont différentes; et, fait plus important encore à noter, que les espèces identiques se distribuent souvent, dans chacune des deux chaînes, d'une manière qui n'est pas la même.

Isolées, dans un terrain préalablement déblayé de toute culture et convenablement sarclé chaque année, les mêmes plantes subissent dans les deux groupes de montagnes les mêmes modifications. Mais, placées en lutte avec les espèces indigènes, elles s'y comportent différemment et sont inégalement refoulées par les espèces déjà établies.

Bien que l'origine de la chaîne des Alpes soit tout autre celle de la chaîne des Pyrénées, la géologie nous apprend qu'à l'époque glaciaire une communication a dû s'établir pendant longtemps entre les deux chaînes. Si donc cette jonction et les conditions actuelles du milieu peuvent expliquer les similitudes qu'on observe entre les deux flores, ce ne serait qu'à l'histoire différente de la lutte pour l'existence dans les Alpes et dans les Pyrénées qu'on pourrait attribuer la cause des différences. On comprend facilement, en effet, que les espèces qui avaient été repoussées en dehors de l'extension des glaces ont dû, en remontant peu à peu sur ces montagnes corro-

dées par les érosions glaciaires, se trouver placées pour la lutte, de part et d'autre, dans des conditions différentes.

Si l'on consulte les documents paléontologiques, on voit d'ailleurs que les formes végétales ont bien peu varié depuis l'époque glaciaire, et que c'est surtout leur répartition qui a été profondément modifiée.

D'après ce qui vient d'être dit, il ne serait donc même pas nécessaire de supposer qu'il s'est créé depuis l'époque glaciaire des espèces pyrénéennes de premier ordre, ou des espèces spéciales aux Alpes. Tout en admettant qu'il a pu se produire, depuis cette époque relativement récente, des changements dans les formes ou les variétés, les conditions dans lesquelles ont dû s'établir les deux flores suffisent pour faire comprendre comment elles ont pu se distribuer d'une manière assez différente dans deux milieux presque identiques.

II. — Observations sur les plantes de la Scandinavie.

Sur les variations qui se produisent avec la latitude dans une même espèce végétale (Bull. Soc. Bot., t. XXV, p. 300). — *Observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu* (Ann. Sc. nat., 6e série, t. VII, p. 93).

En collaboration avec M. Flahault.

La première partie de ces observations est consacrée à la comparaison des influences de la latitude et de l'altitude. Si l'on s'avance du sud au nord dans les régions septentrionales, ou bien si l'on fait l'ascension d'une haute montagne, les conditions physiques au milieu desquelles croissent les végétaux varient dans le même sens ; mais ce n'est pas avec la même *intensité relative*. Ainsi, la quantité de lumière pendant l'été augmente, il est vrai, mais pour des causes différentes et dans des proportions qui ne sont pas comparables. Sous les hautes latitudes, c'est la grande longueur des jours d'été qui produit cette augmentation de lumière ; dans les Alpes, c'est la moins grande quantité d'air et de vapeur d'eau traversée par les rayons solaires. L'état hygrométrique de l'air, qui, en moyenne, augmente avec la latitude dans la plupart des cas, est moins grand au contraire sur le sommet des Alpes que dans les vallées ; le sens même de la variation peut donc être quelquefois changé. Il est intéressant de rechercher si l'on peut attribuer les ressemblances de la végétation aux conditions physiques qui varient de même pour la latitude et l'altitude, et si les changements différents sont dus aux conditions physiques qui varient d'une manière différente.

Les auteurs examinent d'abord les variations générales de la flore : 1° en déterminant le nombre relatif des plantes alpines aux diverses latitudes ; 2° en suivant du sud au nord de la presqu'île scandinave, la flore des forêts de sapins. Pour les variations avec l'altitude, la même comparaison est faite dans des régions de plus en plus élevées au-dessus du niveau de la mer, à Blaahoerne près Domaas et à Knüts-Hoe près Kongswold. Par le dénombrement des espèces et par leur comparaison, l'on peut voir d'une manière exacte comment les altitudes minima et maxima d'une même espèce végétale décroissent à mesure que la latitude augmente.

Dans un second chapitre, les auteurs déterminent dans la flore, d'après leurs observations, la proportion des espèces vivaces aux diverses latitudes depuis 49° jusqu'à 62°, et aux diverses altitudes depuis 200 jusqu'à 3 000 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les premières observations

ont été faites en Norvège, les secondes dans les Alpes du Dauphiné ; on voit par là dans quelle proportion le nombre des espèces vivaces augmente avec la latitude et avec l'altitude.

En troisième lieu, on cherche quelles sont les variations que l'on peut observer *dans une même espèce*, avec l'altitude et avec la latitude, soit dans l'éclat des pigments colorés, la quantité de chlorophylle, la grandeur des feuilles ou encore la quantité de liquide sucré produite par les plantes. A la fin de ce chapitre, les auteurs se demandent quelle est la cause déterminante des variations qui ont été observées dans une même espèce végétale, et comment s'explique la différence qu'on remarque entre l'influence de l'altitude et celle de la latitude. En s'appuyant sur les mesures actinométriques faites par MM. Violle et Margottet à diverses altitudes et en calculant la formule qui donne la durée de l'éclairement en un jour aux diverses latitudes, les auteurs font voir que les variations observées ont pour cause les variations dans la quantité et la nature des radiations reçues par les plantes; ils arrivent ainsi à réfuter l'opinion de Grisebach, qui attribue les changements observés dans les fleurs à la visite des insectes.

L'influence de l'humidité du sol, de l'humidité de l'air et du voisinage de l'eau salée, de l'exposition et de la nature du sol sur la distribution des espèces observées, sont ensuite étudiées.

Sur la distribution des végétaux dans la région moyenne de la presqu'île scandinave (Bull. Soc. Bot., t. XXVI, p. 20).

En collaboration avec M. Flahault.

Cette Note, qui rend compte d'une partie des observations faites par les auteurs en Suède et en Norvège, a surtout pour objet de montrer comment ils ont opéré dans l'étude de la distribution des espèces.

Chaque fois que les conditions locales ont paru suffisantes pour déterminer un changement intéressant dans la flore, il a été dressé une liste complète de toutes les plantes remarquées. Ces plantes ont été rangées *par ordre de fréquence ;* on a placé d'abord les espèces qui forment la partie essentielle de la végétation, puis les espèces moins abondantes, enfin celles qui sont relativement plus rares. Dans chaque cas, la situation en altitude et en latitude de la région observée, ainsi que les conditions d'humidité du sol ou de l'air, ont été notées avec soin.

Les régions explorées ainsi, sont : 1° les bords d'un fjord méridional de la Norvège (environs de Christiania); 2° une vallée dirigée du sud au nord (vallée de Guldbransdal) ; 3° la région des hauts plateaux (Dovrefjeld,

mont Sehnœhatten et mont Knüts-Hoe); 4° une vallée dirigée de l'ouest à l'est (vallée du Romsdal); 5° les côtes ouest (Molde, Christiansund et Trondhjem); 6° la traversée complète de la presqu'île Scandinave de l'est à l'ouest (de Levanger à Sundsvall par Ostersund); 7° les plaines de la Suède (de Stockholm à Christiania).

Une quarantaine de listes détaillées ont été dressées dans ces différentes localités.

La distribution des végétaux ne peut être établie qu'en prenant pour base des listes dressées sur place avec la plus grande exactitude.

Observations sur la flore cryptogamique de la Scandinavie (Bull. Soc. Bot., t. XXXI, p. 182).

En collaboration avec M. Flahault.

Les listes des Cryptogames vasculaires, des Muscinées, des Lichens et des Diatomées les plus répandus dans les diverses localités observées en Scandinavie par les auteurs sont contenues dans ce travail.

Au sujet de la distribution des Mousses, quelques observations sont relatives aux diverses formes qu'elles présentent et aux modifications qu'une même espèce peut subir. C'est ainsi que la forme *Hypnum* est d'autant plus rare à la même latitude que l'altitude est plus élevée; au contraire, à mesure qu'on s'élève sur les pentes abruptes qui conduisent jusqu'aux plus hauts plateaux de la Norvège, on voit apparaître la forme *Dicranum* qui devient bientôt dominante. On peut même observer que certaines espèces qui, dans la plaine, présentent nettement la forme *Hypnum*, se modifient, changent leur physionomie et passent à la forme *Dicranum*. C'est ainsi, par exemple, que le *Rhacomitrium lanuginosum*, si abondamment ramifié dans les forêts de sapins, perd ses ramifications à mesure qu'on s'élève vers les plateaux élevés et prend la forme *Dicranum*.

Les Lichens paraissent surtout en rapport, dans leur distribution, avec l'état hygrométrique de l'air. A mesure qu'on s'élève de la plaine vers le sommet du Sehnœhatten, point culminant des montagnes du Dovre, les *Lecidea*, *Rhizocarpon*, *Solorina*, *Lecanora*, et en général les Lichens saxicoles deviennent plus abondants; enfin, le *Lecidea geographica*, très répandu déjà au niveau de la mer sur les deux côtes, demeure seul comme un des derniers représentants de la vie végétale.

Les espèces de Diatomées les plus répandues sont les *Tabellaria flocculosa* et *T. fenestrata*. On peut citer aussi parmi les espèces récoltées le *Gomphonema calcareum* qui n'a pas encore été observé en dehors de la Scandinavie.

III. — **Flore de la France.**

Sur la distribution des plantes aux environs du Bourg-d'Oisans (Isère) (Bull. Soc. Bot., t. XXXI, p. 287).

Les excursions botaniques faites en 1869, 1870, 1871, 1872 et 1885 aux environs du Bourg-d'Oisans, ont permis à l'auteur d'y étudier avec détail la distribution des espèces aux diverses altitudes, dans les différentes expositions, ainsi que leur fréquence relative. La région inférieure des rochers, la région subalpine, la région alpine inférieure et la région alpine supérieure sont successivement examinées, et la liste des espèces caractéristiques est donnée pour chacune de ces zones.

L'étude des limites de végétation d'une espèce donnée montre que ces lignes de délimitation sur deux versants présentent leurs minima au fond de la vallée et leurs maxima sur les arêtes qui séparent deux vallées. Certains exemples, choisis dans la flore du massif des Grandes-Rousses, font saisir combien est importante l'influence de l'exposition.

En résumé, dans une contrée comme celle-ci, où la neige recouvre longtemps le sol en hiver, y compris la plaine du Bourg-d'Oisans, on peut voir au printemps combien les lignes successives de la fonte des neiges sont presque rigoureusement parallèles aux limites des régions déterminées par les espèces caractéristiques.

Sur quelques plantes annuelles ou bisannuelles qui peuvent devenir vivaces aux hautes altitudes (Bull. Soc. Bot., t. XXXI, p. 306).

On trouve dans cette étude l'indication de quelques localités situées à de grandes altitudes où certaines plantes ordinairement annuelles sont devenues vivaces. On peut citer, par exemple, l'*Arenaria serpyllifolia* qui, à 2300 mètres d'altitude, au pic d'Arbizon, dans lès Pyrénées, est devenu vivace par des stolons. Le *Poa annua* a de même été trouvé vivace au pic du Midi. Le *Linaria alpina*, ordinairement bisannuel, devient aussi vivace dans les grandes hauteurs. On peut citer encore le *Senecio viscosus* et le *Ranunculus philonotis* qui subissent des transformations analogues.

De la variation avec l'altitude des matières colorées des fleurs, chez une même espèce végétale (Bull. Soc. Bot., t. XXVII, p. 103).

Les observations ont été faites sur les mêmes espèces croissant dans les Alpes aux altitudes les plus différentes, sur des plateaux découverts et sur des sols de même nature. Pour comparer les teintes des corolles, l'auteur s'est servi du chromomètre de la Société sténochromique. En outre, comme la teinte varie avec l'âge de la fleur, les comparaisons n'ont été faites que sur des fleurs de même âge, défini le plus souvent par la déhiscence d'un nombre déterminé d'anthères.

L'examen microscopique fait immédiatement sur place, en plusieurs cas, montre que les changements de teinte qu'on observe ne sont pas dus à une modification dans la répartition de la matière colorante ; c'est l'augmentation du nombre des grains de pigment ou la teinte plus foncée du liquide coloré dans les cellules qui donne aux fleurs leur couleur plus intense.

Les variations se produisent toutes dans la même sens pour les trente espèces observées, et bien que l'intensité de la variation soit très diverse pour les différentes espèces, on peut conclure de ces recherches que, pour une même espèce, la coloration des fleurs de même âge augmente, en général, avec l'altitude, à égalité de toutes les autres conditions.

Observations sur les Renonculacées de la Flore de France (Rev. gén. Bot., t I, p. 330, 390, 439, 551, 631, avec figures et une planche). — *Observations sur les Berbéridées, Nymphéacées, Papavéracées et Fumariacées de la Flore de France* (Rev. gén. Bot., t. II, p. 276, 446, 549, avec figures).

Dans le premier de ces travaux on passe successivement en revue tous les genres de Renonculacées de la Flore de France. Un grand nombre d'espèces dans chacun de ces genres sont examinées au point de vue des faits nouveaux que peut présenter leur étude : structure, germination, développement, formes anormales et distribution géographique.

Voici quelques-unes des principales conclusions qui se rapportent à la partie descriptive :

La distinction entre les genres *Clematis* et *Atragene* n'a pas grande valeur ; elle n'est fondée que sur un seul caractère, la présence ou l'absence de pétales à l'intérieur des sépales pétaloïdes. Or, ce caractère unique n'est nullement constant, puisque l'on trouve assez fréquemment des fleurs de *Clematis Vitalba* et de *C. Flammula* dont les étamines extérieures sont

transformées en pétales comme dans une fleur ordinaire d'*Atragene*, et réciproquement des fleurs d'*Atragene* sans pétales.

Chez les *Thalictrum*, le caractère fondé sur la distinction des rhizomes courts, renflés et des stolons grêles, que l'on donne comme distinctif entre les espèces principales, n'est pas meilleur que les autres. C'est ainsi que le *T. minus*, toujours indiqué dans les flores comme stolonifère, se présente souvent dans la région sous-alpine et alpine sans stolons et avec de nombreux renflements, tandis qu'au contraire le *T. fœtidum* a été trouvé muni de stolons grêles et allongés.

Les fleurs de beaucoup d'espèces du genre *Anemone* présentent souvent de grandes variations de forme et de structure.

Le genre *Callianthemum* ne peut être caractérisé d'une manière bien nette; on rencontre souvent des formes de passage avec diverses espèces de Renoncules.

Dans le genre *Ranunculus*, l'auteur cite de nombreux cas tératologiques, entre autres les concrescences des rameaux et des pédoncules floraux (fasciation) se perpétuant par le semis chez le *R. gramineus*, et diverses modifications, suivant le milieu, des feuilles nageantes et submergées chez les *R. Lingua* et *Flammula*.

Enfin le genre *Caltha*, au point de vue des diverses parties du pistil, peut être considéré comme intermédiaire entre les genres *Ranunculus* et *Helleborus*.

Au point de vue anatomique, on peut citer surtout l'étude des tiges du *Thalictrum minus* qui présentent sur une très petite longueur tous les passages entre une tige de Dicotylédone à formations secondaires et une tige à structure primaire et à plusieurs cercles de faisceaux comme celle des Monocotylédones.

Les racines renflées de *Thalictrum tuberosum* et de *Ranunculus Chærophyllos* offrent une singulière opposition dans leur structure, la première étant uniquement constituée par le cylindre central et la seconde presque uniquement par l'écorce.

Le second travail est analogue au précédent, mais relatif à quatre autres familles de plantes. On y trouve, entre autres faits, une étude comparée des germinations de *Papaver* et de *Fumaria*, de la structure de la tigelle et de la racine des *Glaucium*.

Localités de plantes de la région parisienne non signalees dans la Flore des environs de Paris et quelques espèces nouvelles pour cette région (Bull. Soc. Bot., t. XXXIII, p. 486. — *Flore du Nord de la France et de la Belgique*, avec 2282 figures (Paris, Paul Dupont). — *Nouvelle Flore des environs de Paris*, avec 2145 figures (Paris, Paul Dupont).

Les deux derniers ouvrages en collaboration avec M. de Layens.

Dans ces deux Flores régionales les auteurs ont présenté des tableaux synoptiques illustrés permettant par une méthode nouvelle d'arriver facilement à la détermination des plantes. Ce travail n'a pas été fait au moyen des clefs déjà existantes ; toutes les descriptions, toutes les figures et l'arrangement des tableaux résultent de la comparaison des plantes elles-mêmes, dont les auteurs ont pu se procurer de très nombreux échantillons provenant de collections classiques.

L'Académie des sciences a accordé le prix de La Fons-Mélicocq au premier de ces ouvrages sur le rapport de M. A. Chatin.

La Société Nationale d'Agriculture de France a accordé deux médailles d'or à la seconde de ces Flores.

La Végétation de la France (Paris, Paul Dupont).

Sous ce titre général il doit être publié, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique, un certain nombre de volumes dont la rédaction est faite sous la direction de M. Gaston Bonnier. Ces volumes traiteront de la distribution des plantes françaises spontanées ou de grande culture, de la géographie botanique et agricole de la France, et de la description détaillée avec planches à l'appui de toutes les espèces, sous-espèces et variétés.

Le premier volume de cet ouvrage vient de paraître. Il est rédigé par MM. Bonnier et de Layens. Il renferme les tableaux synoptiques de toutes les plantes vasculaires de la Flore de la France et est accompagné de 5289 figures dessinées d'après nature ainsi que d'une carte des régions.

Comme dans les Flores précédentes, la description et le groupement des espèces ont été faits directement avec les plantes mêmes.

Ce travail a été subventionné par le Comité des travaux historiques, sur le rapport de M. Duchartre.



ORGANISATION DES LABORATOIRES DE RECHERCHES

A L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE, A LA SORBONNE ET A FONTAINEBLEAU.

I. — *Nouvelle installation du Laboratoire de recherches de l'École Normale* (1879-1887).

Le laboratoire des recherches botaniques de l'École Normale Supérieure dont M. Bonnier a pris la direction en 1879, a été réinstallé en 1883 dans de nouveaux bâtiments beaucoup plus grands, rue Rataud, où ont été disposés de nombreuses salles de travail, un jardin et une serre destinés aux expériences.

Ce laboratoire a été rattaché en 1886 à l'École des Hautes-Études.

Un certain nombre de travailleurs, aujourd'hui professeurs dans l'Enseignement supérieur et dans l'Enseignement secondaire y ont fait leurs thèses de doctorat et leurs premiers Mémoires scientifiques.

II. — *Aménagement du Laboratoire de la Sorbonne* (1887-1889).

M. Bonnier, en s'installant au laboratoire de botanique de la Faculté des Sciences, a obtenu, en outre, la création d'un laboratoire de recherches des Hautes-Études attaché à la Faculté, et dont il a été nommé directeur. Des bâtiments provisoires ont été établis dès 1887 entre la nouvelle et l'ancienne Sorbonne, permettant à de nombreux élèves de poursuivre leurs travaux de recherches.

L'enseignement du cours a été complété non seulement par des exercices pratiques, mais aussi par des conférences faites au laboratoire.

III. — *Création du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau* (1889-1894).

La Zoologie avait seule, en France, le privilège de posséder des laboratoires situés en dehors des grandes villes et à proximité des êtres vivants qu'elle doit étudier. Rien de semblable n'existait pour l'étude des plantes.

On comprend cependant les importants services qu'une station de ce genre peut rendre à la Botanique.

C'est ce qui a déterminé M. Bonnier à établir un laboratoire de recherches de Biologie végétale dans la forêt de Fontainebleau. La création en a été décidée en 1889; dès le mois de mai de l'année suivante, le terrain était aménégé, les bâtiments construits et le laboratoire mis à la disposition des travailleurs. Au mois de septembre de la même année, il a été inauguré par M. le Président de la République. Ce laboratoire est rattaché à la Sorbonne.

Le laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau a été construit non loin de la gare, sur le bord de la forêt; il comprend trois hectares et demi de terrains destinés aux cultures expérimentales. Les bâtiments renferment, outre les salles de recherches, un certain nombre de chambres où peuvent loger les travailleurs; une serre a été construite à proximité.

M. Bonnier a été guidé dans le choix de cet emplacement par la flore abondante et variée de la région, et par la facilité des communications avec Paris.

Depuis la création du laboratoire, une trentaine de botanistes français et étrangers sont venus y faire des recherches.

IV. — *Installation du Laboratoire de la Nouvelle Sorbonne* (1894).

Le laboratoire de la Faculté des Sciences vient d'être installé dans de nouveaux locaux, beaucoup plus spacieux que ceux de l'ancien. Il comprend deux étages où sont des salles de recherches pour l'anatomie, la physiologie, la chimie végétale et la botanique descriptive, une serre tempérée et une serre froide, des salles de manipulations, etc.

Les élèves de recherches et les candidats à la Licence y trouveront toutes les ressources dont disposent les laboratoires modernes.

Les élèves des laboratoires dont on vient de parler ont publié les résultats de leurs nombreux travaux, soit comme thèses de doctorat, soit comme mémoires originaux dans divers recueils scientifiques : Comptes rendus de l'Académie des Sciences, annales des sciences naturelles, Bulletin de la Société botanique de France, etc., en particulier dans la *Revue générale de Botanique*, recueil scientifique fondé par M. Bonnier en 1889 et qu'il continue à diriger.

Un certain nombre de ces mémoires ont reçu les récompenses académiques suivantes :

Académie des sciences de Paris :

PRIX BORDIN (1883) : M. Costantin.
PRIX DESMAZIÈRES (1885) : M. Leclerc du Sablon.
PRIX MONTAGNE (1891) : M. Jumelle.
PRIX THORE (1891) : MM. Costantin et Dufour.
PRIX DE LA FONS-MÉLICOCQ : M. Masclef.
Mention de 500 francs au concours du PRIX MONTYON (PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE) : M. Aubert.

Académie des sciences de Copenhague :

PRIX SPÉCIAL mis au concours en 1892 : M. Sarrauw.

LISTE DES TRAVAUX

PUBLIÉS PAR M. GASTON BONNIER.

---

1. Sur le rôle attribué à la disposition des organes floraux par rapport à la visite des insectes (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXV, p. 68; 1878).

2. Sur le rôle attribué aux parties colorées des organes floraux, (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXV, p. 345; 1878), etc.

3. Étude sur la physiologie des Nectaires, (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXV, p. 262; 1878).

4. Étude anatomique et physiologique des Nectaires, (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXXVIII, p. 662; 1879).

5. Les Nectaires (*Annales des Sciences naturelles*, Botanique, 6ᵉ série, t. VII, p. 5, avec 8 planches; 1879).

6. Observations sur la situation morphologique des sacs polliniques chez l'*Helleborus fœtidus* (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXVI, p. 139; 1879).

7. Sur la structure de quelques appendices des organes floraux (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXVI, p. 177; 1879).

8. Recherches sur les sucres des végétaux (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXVI, p. 208; 1879).

9. Quelques observations sur les relations entre la distribution des phanérogames et la nature chimique du sol (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXVI, p. 338; 1879).

10. Observations sur la flore alpine d'Europe (*Annales des Sciences naturelles*, 6ᵉ série, t. X, p. 5; 1880).

11. De la variation avec l'altitude des matières colorées des fleurs chez

une même espèce végétale (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXVII, p. 103; 1880).

12. Sur la quantité de chaleur dégagée par les végétaux pendant la germination (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXVII, p. 141 ; 1880).

13. Les nouveaux travaux sur la nature et le rôle physiologique de la chlorophylle (*Annales des Sciences naturelles*, 6e série, t. X, p. 218; 1880).

14. Les origines de la flore arctique et de la flore alpine (*Revue scientifique*, 2e série, t. XVIII, p. 1214 ; 1880).

15. Anatomie de la Rose à prolifération centrale (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXVIII, p. 318, avec figures; 1881).

16. Les fleurs et les insectes (*Revue scientifique*, 3e série, t. I, p. 419; 1881).

17. Sur l'attraction des abeilles par les couleurs (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXIX, p. 78; 1882).

18. Sur la présence normale des bractées dans l'inflorescence des Crucifères (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXIX, p. 250; 1882).

19. Sur un cas tératologique observé chez le *Daucus Carota* (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXIX, p. 355 ; 1882).

20. Sur les différentes formes de fleurs de la même espèce (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXI, p. 240, 1884).

21. Sur la distribution des plantes aux environs du Bourg-d'Oisans (Isère) (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXI, p. 287; 1884).

22. Sur quelques plantes annuelles ou bisannuelles qui peuvent devenir vivaces aux hautes altitudes (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXI, p. 306, 1884).

23. Sur les quantités de chaleur dégagées et absorbées par les végétaux (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CII, p. 448; 1885).

24. Sur le développement et la structure des rhizomes d'*Anemone nemorosa* (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXII, p. 167, 1885).

25. Observations sur un *Verbascum* à fleurs prolifères (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXII, p. 293; 1885).

26. La respiration des tissus vivants (*Revue scientifique*, 3e série, t. VIII, p. 577 ; 1885).

27. Recherches expérimentales sur la synthèse des Lichens dans un milieu privé de germes (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CIII, p. 942 ; 1886).

28. Localités de plantes de la région parisienne non signalées dans la flore des environs de Paris et quelques espèces nouvelles pour cette région (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXIII, p. 486 ; 1886).

29. Cultures des Lichens à l'air libre et dans de l'air privé de germes (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXIII, p. 546 ; 1886).

30. La constitution des Lichens (*Journal de Botanique*, t. I, p. 1, avec figures ; 1887).

31. La Biologie végétale (*Revue scientifique*, t. XXXIX, p. 545 ; 1887).

32. Note sur des cultures comparées des mêmes espèces à diverses altitudes (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXIV, p. 467 ; 1887).

33. Recherches sur le développement du *Physcia parietina* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CVII, p. 142 ; 1888).

34. Germination des spores de Lichens sur les protonémas des Mousses et sur des Algues différant des gonidies du Lichen (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 8e série, t. V, p. 541 ; 1888).

35. Étude expérimentale de l'influence du climat alpin sur la végétation et les fonctions des plantes (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXV, p. 436 ; 1888).

36. Recherches sur la synthèse des Lichens (*Annales des Sciences naturelles*, 7e série, t. IX, p. 1, avec 5 planches, 1889).

37. Études sur la végétation de la vallée de Chamonix et de la chaîne du Mont-Blanc (*Revue générale de Botanique*, t. I, p. 28, 79, 146 et 204, avec une carte ; 1889).

38. Germination des Lichens sur les protonémas des Mousses (*Revue générale de Botanique*, t. I, p. 165, avec une planche ; 1889).

39. Note sur quelques plantes à chlorophylle qui ne dégagent pas d'oxygène à la lumière (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 9e série, t. I, p. 651 ; 1889).

40. Observations sur les Renonculacées de la Flore de France (*Revue générale de Botanique*, t. I, p. 330, 390, 439, 551 et 631, avec figures et une planche hors texte ; 1889).

41. L'assimilation du Gui comparée à celle du Pommier (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXVI, p. CCLXXIII; 1889).

42. Sur quelques variations de la structure du *Thymus vulgaris* (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXVI, p. CCLXXIV; 1889).

43. Études sur la végétation de la vallée d'Aure (Hautes-Pyrénées) (*Revue générale de Botanique*, t. II, p. 97, 145, 217 et 241, avec une carte; 1890).

44. Cultures expérimentales dans les hautes altitudes (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CX, p. 363; 1890).

45. Observations sur les Berbéridées, Nymphéacées, Papavéracées et Fumariacées de la Flore de France (*Revue générale de Botanique*, t. II, p. 276, 446 et 549, avec figures; 1890).

46. Influence des hautes altitudes sur les fonctions des végétaux (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXI, p. 377; 1890).

47. Cultures expérimentales dans les Alpes et les Pyrénées (*Revue générale de Botanique*, t. II, p. 513, avec figures et 4 planches hors texte; 1890).

48. Sur l'assimilation des plantes parasites à chlorophylle (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXIII, p. 1074; 1891).

49. Variations de la structure chez les mêmes espèces (*Association française pour l'Avancement des Sciences*, 20ᵉ session, Marseille, 2ᵉ partie, p. 521; 1891).

50. Note sur la reviviscence des plantules desséchées (*Revue générale de Botanique*, t. III, p. 193; 1892).

51. Le flore des Pyrénées comparée à celle des Alpes françaises (*Association française pour l'Avancement des Sciences*, 21ᵉ session, Pau, 2ᵉ partie, p. 396; 1892).

52. Note sur la comparaison entre la chaleur dégagée par les végétaux et la respiration (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 9ᵉ série, t. IV, p. 119; 1892).

53. Sur les variations de pression du renflement moteur des Sensitives à l'état normal et sous l'influence, du chloroforme (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXIX, p. 365; 1892).

54. Recherches expérimentales sur les variations de pression dans la Sensitive (*Revue générale de Botanique*, t. IV, p. 513, avec deux planches; 1892).

55. Influence de la lumière électrique continue et discontinue sur la structure des arbres (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXV, p. 447 ; 1892.

56. Influence de la lumière électrique sur la structure des plantes herbacées (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXV, p. 475 ; 1892).

57. Note sur les mouvements des feuilles de Sensitive sous l'influence d'une dépression atmosphérique (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 9e série, t. IV, p. 951 ; 1892).

58. Note sur la pression transmise à travers les tiges (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXIX, p. 407 ; 1892).

59. Sur la différence de transmissibilité des pressions à travers les plantes ligneuses, les plantes herbacées et les plantes grasses (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXV, p. 1097 ; 1892).

60. Recherches sur la transmission de la pression à travers les plantes vivantes (*Revue générale de Botanique*, t. V, p. 12, 74, 100, avec figures et deux planches hors texte ; 1893).

61. Note sur les cultures à la lumière électrique continue (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 9e série, t. V, p. 344 ; 1893).

62. Recherches physiologiques sur les plantes vertes parasites (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, t. XXV, p. 77 ; 1893).

63. Recherches sur la chaleur végétale (*Annales des Sciences naturelles*, 7e série, t. VIII, p. 1, avec deux planches ; 1893).

64. L'anatomie expérimentale (*Revue scientifique*, t. LII, p. 225 ; 1893).

65. Influence du terrain sur la production du nectar des plantes (*Association française pour l'Avancement des Sciences*, 22e session, Besançon, 2e partie, p. 567 ; 1893).

66. La géographie botanique (*Annales de géographie*, t. III, p. 265 ; 1894).

67. Remarques sur les différences que présente l'*Ononis Natrix* cultivé sur un sol calcaire ou sur un sol sans calcaire (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XLI, p. 59 ; 1894).

68. Sur la structure des plantes du Spitzberg et de l'île Jan Mayen (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXVIII, p. 1427 ; 1894).

69. Les plantes arctiques comparées aux mêmes espèces des Alpes et des Pyrénées (*Revue générale de Botanique*, t. VI, p. 503, avec quatre planches ; 1894).

En collaboration avec M. Flahault :

70. Sur les variations qui se produisent avec la latitude dans une même espèce végétale (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXV, p. 300 ; 1878).

71. Observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu (*Annales des Sciences naturelles*, 6e série, t. VII, p. 93 ; 1878).

72. Sur la distribution des végétaux dans la région moyenne de la presqu'île scandinave (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXVI, p. 20 ; 1879).

73. Observations sur la flore crytogamique de la Scandinavie (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXVI, p. 182 ; 1879).

En collaboration avec M. Van Tieghem :

74. Recherches sur la vie ralentie et sur la vie latente (1re note) (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXVII, p. 83 ; 1880).

75. Recherches sur la vie ralentie et la vie latente (2e note) ; action de l'eau sur les organes à l'état de vie latente ou ralentie (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXV, p. 116 ; 1880).

76. Recherches sur la vie latente des graines (3e note) (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXIX, p. 25 ; 1882).

77. Recherches sur la vie ralentie et la vie latente (4e note) ; dessiccation des graines à diverses températures et action des anesthésiques (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXIX, p. 149 ; 1882).

En collaboration avec M. Mangin :

78. Recherches physiologiques sur les Champignons (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XCVI, p. 1075 ; 1883).

79. Note sur la vie des Champignons dans l'air confiné (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXX, p. 167 ; 1883).

80. Méthode pour étudier l'influence de la lumière sur la respiration (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXX, p. 235 ; 1883).

81. Recherches sur la respiration et la transpiration des Champignons (*Annales des Sciences naturelles*, 6e série, t. XVII, p. 210, avec quatre planches ; 1883).

82. Sur l'absence d'absorption ou du dégagement d'azote dans la respiration des Champignons (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXI, p. 19 ; 1884).

83. Sur les échanges gazeux entre les Lichens et l'atmosphère (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXI, p. 118 ; 1884).

84. Influence de la lumière sur la respiration des graines et des plantes parasites (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XCIX, p. 160 ; 1884).

85. Sur les variations de la respiration des graines germant avec le développement (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXI, p. 206 ; 1884).

86. Recherches sur la respiration des tissus sans chlorophylle (*Annales des Sciences naturelles*, 6e série, t. XVIII, p. 293, avec deux planches ; 1884).

87. Sur la respiration des feuilles à l'obscurité (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. C, p. 1519 ; 1885).

88. Recherches sur la respiration des tissus verts à l'obscurité (*Annales des Sciences naturelles*, 6e série, t. XIX, p. 217 ; 1884).

89. Recherches sur les variations de la respiration avec le développement des plantes (*Annales des Sciences naturelles*, 7e série, t. II, p. 305 ; 1885).

90. La fonction respiratoire chez les végétaux (*Annales des Sciences naturelles*, 7e série, t. II, p. 315 ; 1885).

91. L'action chlorophyllienne séparée de la respiration (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. C, p. 1303 ; 1885).

92. Sur l'action chlorophyllienne (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXII, p. 204 ; 1885).

93. Recherches sur l'action chlorophyllienne séparée de la respiration (*Annales des Sciences naturelles*, 7e série, t. III, p. 5, 1886).

94. L'action chlorophyllienne dans l'obscurité ultra-violette (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CII, p. 123 ; 1886).

95. Sur les échanges gazeux entre les plantes vertes et l'atmosphère dans les radiations bleues, violettes et ultra-violettes (*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XXXII, p. 368 ; 1885).

En collaboration avec M. de Layens :

96. Flore du Nord de la France et de la Belgique, avec 2282 figures (Paris, 1887).

97. Nouvelle Flore des environs de Paris, avec 2145 figures (Paris, 1887).

98. La Végétation de la France, *ouvrage publié sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique* sous la direction de M. Gaston Bonnier. Le premier volume, « Tableaux synoptiques des plantes vasculaires », avec 5289 figures et une carte, en collaboration avec M. de Layens, a paru en 1894.

M. Bonnier a publié les six premiers volumes de la *Revue générale de Botanique*, recueil scientifique qu'il a fondé en 1889 et dont la publication continue.

M. Bonnier a publié en outre des articles bibliographiques dans le *Bulletin de la Société Botanique de France*, la *Revue scientifique*, la *Nature*, etc. et plusieurs biographies de botanistes, entre autres celles de Decaisne, Alphonse de Candolle et Duchartre.

9174-94. — Corbeil. Imprimerie Éd. Crété.